

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко
(підпис)
«___» _____ 2018 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

за спеціальністю: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізацією: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання целюлозно-паперового виробництва

на тему: Удосконалення папероробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».

Модернізація сушильної частини папероробної машини (Комплексна)

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛБ-71мп

Ігор Миколайович Гордієнко

(підпис)

Керівник проекту канд. техн. наук, доцент О.О. Семінський

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

(підпис)

очікувані техніко-економічні показники модернізації

доц. Н.Є. Скоробогатова

(підпис)

технологія виготовлення кришки

старш. викл. Я. Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

ст. вик. В.В. Колпаков

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ І.М. Гордієнко

(підпис)

Київ – 2018

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	14
1 Призначення та область використання сушильної частини ПРМ.....	16
1.1 Опис технологічного процесу.....	16
1.2 Вибір типу сушильної частини, її місце в технологічній схемі.....	17
2 Технічна характеристика.....	19
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції.....	20
3.1 Конструкція і принцип дії виробу, основних складальних одиниць і деталей	21
3.2 Вибір матеріалів.....	24
3.3 Патентний огляд конструкції сушильної частини.....	24
3.4 Відомості про використані винаходи і патентну чистоту.....	25
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	32
4.1 Тепловий розрахунок сушильної частини.....	32
4.2 Розрахунок лоцильного циліндру	37
4.3 Розрахунок паровпускної головки.....	53
4.4 Розрахунок підшипників.....	55
4.5 Розрахунок потужності приводу.....	57
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	60
5.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори.....	61
5.2 Віброзахист.....	61
5.3 Боротьба з шумом.....	62
5.4 Електробезпека.....	63

					ЛБ71.705441.001 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Гордієнко			Модернізація сушильної частини папероробної машини		Лім.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Семінський							10			
Реценз.												
Н. Контр.		Семінський										
Затверд.												

5.5 Освітлення на робочих місцях.....	63
5.6 Вибухобезпека.....	64
5.7 Пожежна безпека(Надзвичайні ситуації).....	65
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації.....	69
6.1 Підготовка сушильної частини до монтажу.....	69
6.2 Монтаж лощильного циліндра та ковпака конвективного сушіння.....	69
6.3 Випробування лощильного циліндра.....	71
6.4 Введення в експлуатацію лощильного циліндра.....	71
6.5 Експлуатація лощильного циліндра.....	72
6.6 Усунення виробничих неполадок.....	73
7 Рівень стандартизації та уніфікації.....	74
8 Економічна частина проекту.....	75
8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування.....	75
8.2 Розрахунок суми капітальних витрат.....	77
8.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації	84
8.5 Оцінка ефективності модернізації устаткування.....	87
Висновки.....	89
Выводы.....	91
Conclusions.....	93
Перелік посилань.....	95
Додаток А Технологія виготовлення кришки підшипникового вузла сушильної частини ПРМ.....	98
Додаток Б Автоматична система керування сушильною частиною ПРМ.....	117
Додаток В Патентний пошук.....	128
Додаток Г Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	135
Додаток Д Публікації автора.....	140
Додаток Е Програма розрахунку фланцевого з'єднання.....	142
Додаток Ж Специфікації.....	146

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ПрАТ «ККПК» – Приватне акціонерне товариство «Київський картонно-паперовий комбінат»

ПРМ – папероробна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

q_l – лінійний тиск, кН/м;

M – момент, Н·м;

W – момент опору, м³;

f – прогин, м;

F – площа, м²;

b – ширина, м;

H, h – висота, м;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

V – об'єм, м³;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, с⁻¹;

P_c – сила тяжіння оболонки вала, Н;

E – модуль пружності, МПа;

I – момент інерції, м⁴;

G – сила тяжіння валу, Н;

p – тиск повітря, Па;

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T – тягове зусилля, Н;

Q – навантаження на вал, Н;

Π – периметр ущільнення, м;

δ – товщина ущільнення;

ω – кутова швидкість, с^{-1}

					<i>ЛБ71.705441.001 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В целюлозно-паперовій промисловості для сушіння паперового, картонного полотна та целюлози найбільшого поширення отримали контактні установки, в яких тепло передається вологому полотну безпосередньо від нагрітої поверхні. Паралельно з контактним сушінням в паперо- та картоноробних машинах використовується конвективне сушіння паперового полотна нагрітим повітрям.

Сушіння – процес зневоднення вологих матеріалів шляхом випаровування вологи при парціальному тиску її парів над поверхнею матеріалу, меншому за атмосферний.

До переваг контактного сушіння слід віднести високі економічні показники та високу якість висушуваного полотна, зокрема двосторонню гладкість.

До недоліків контактного методу відносять недостатню інтенсивність сушіння. До переваг конвективного методу сушіння належать простота конструктивного виконання, широкі можливості регулювання вологості по ширині паперового полотна. Комбінування контактного та конвективного методів дозволяє досягти найбільшої ефективності сушіння.

Оскільки останнім часом значно зросли вимоги до якості санітарно-гігієнічного паперу, при збільшенні обсягів виробництва виникла необхідність створення більш ефективного обладнання для виготовлення паперу, тому робота направлена на модернізацію сушильної частини ПРМ є актуальною.

Метою роботи є вдосконалення папероробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Модернізація сушильної частини папероробної машини (Комплексна) з розробкою складальних кресленників лоцильного циліндра, його установки, а також паровпускної головки. Проектована сушильна частина дозволяє покращити теплопередачу від гріючої пари до паперового полотна, зменшити кількість гріючої пари на підігрів лоцильного циліндра та підвищити продуктивність ПРМ.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виконанні дипломного проекту було виконано:

- аналіз існуючих конструкцій та вибір складових частин, які задовольняють вимогам сучасної промисловості;
- проведення теплових та енергетичних розрахунків, а також визначення активної поверхні теплообміну лощильного циліндра та потужності приводу;
- проведення необхідних розрахунків для перевірки надійності та працездатності конструкції лощильного циліндру.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область використання сушильної частини ПРМ

Сушильна частина папероробної машини, що спроектована призначена для використання в целюлозно-паперовому виробництві та для сушіння контактнo-конвективним методом санітарно-гігієнічних видів паперу, які мають невелику товщину.

Використання додаткових пристроїв для інтенсифікування сушіння (ковпак конвективного сушіння, інфрачервоних випромінювачів і т.д.), а також допоміжних установок (клеїльних пресів, конвективних шкафів і т.д.) для придання паперовому полотну необхідних властивостей має бути виправдано виробничою необхідністю і підтверджено економічними розрахунками, оскільки пов'язано зі збільшенням вартості обладнання і питомих витрат теплової і електричної енергії [1].

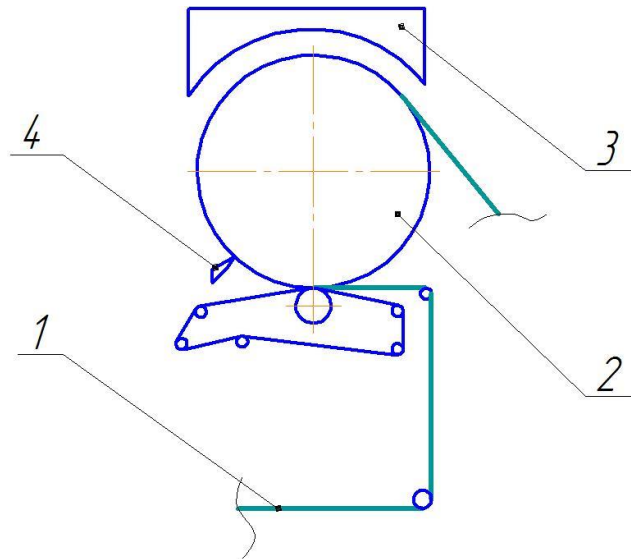
1.1 Опис технологічного процесу

Сушильна частина папероробної машини для виготовлення санітарно – гігієнічного паперу (рисунок 1.1) складається з лощильного циліндра 2 та ковпака конвективного сушіння 3.

Лощильний циліндр нагрівається паром, що подається в циліндр за допомогою паровпускної головки. Паперове полотно контактує з нагрітою поверхнею лощильного циліндра 2 та висушується. Для інтенсифікації процесу сушіння використано ковпак конвективного сушіння 3. Нагріте повітря подається в ковпак та прогріває верхній шар паперового полотна. Насичене вологою відпрацьоване повітря відводиться через канал відведення пароповітряної суміші.

Висушене паперове полотно знімається з лощильного циліндра за допомогою крепуючого шабера 4. Після сушіння паперове полотно безперервно намотується на тамбурні вали в рулони, які після досягнення заданого діаметру відрізаються та відводяться за допомогою підйомного механізму.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – паперове полотно, 2 – лощильний циліндр,
3 – ковпак конвективного сушіння, 4 – шабер крепуючий
Рисунок 1.1 – Схема сушильної частини папероробної машини

Сушильна частина повинна забезпечити рівномірне нагрівання паперового полотна та висушування його до кінцевої сухості.

1.2 Вибір типу сушильної частини, її місце в технологічній схемі

Кількість сушильних циліндрів, в залежності від швидкості машини та ваги 1 м² паперу, досягає 60 – 80, діаметром 1,5 м. При збільшенні діаметрів сушильних циліндрів є можливість зменшення їх кількості. На папероробних машинах для виготовлення санітарно-гігієнічних видів паперу, паперу односторонньої гладкості та на картоноробних машинах для виготовлення високоякісного картону з високою односторонньою гладкістю використовуються сушильні частини, що містять лише один циліндр - лощильний. Завдяки зменшенню загальної довжини папероробної машини та кількості станин сушильної частини зменшуватиметься металоємкість. При зменшенні числа сушильних циліндрів зменшується також кількість сукноведучих валиків, шаберів. Суттєво скорочується кількість елементів

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

паровпускних та конденсатовідвідних систем, а також шестерень та підшипників паразитного приводу. Зменшення кількості перелічених елементів підвищує надійність експлуатації та зменшує енергоємність установки. Оскільки більшість з перерахованих елементів потребує постійного нагляду і ремонту, експлуатація машини при переході на циліндри збільшеного діаметру спрощується.

На папероробних машинах для виготовлення паперу односторонньої гладкості та тонких санітарно-гігієнічних видів паперу застосовують лоцильні циліндри (сушильні циліндри збільшеного діаметру).

Лоцильний циліндр забезпечує високу гладкість поверхні паперу, що дотикається до нього, та значне зневоднення паперового полотна при сушінні.

З перелічених вище міркувань обираємо сушильну частину папероробної машини з лоцильним циліндром та ковпаком конвективного сушіння. Ковпак використовуємо для інтенсифікації процесу сушіння. Струмені повітря притискають полотно паперу до циліндру, що дозволяє не застосовувати сушильні сукна. Також достоїнствами ковпака конвективного сушіння є збільшення продуктивності сушильної частини, покращення якості паперу завдяки більш рівномірному по ширині полотна сушінню.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика

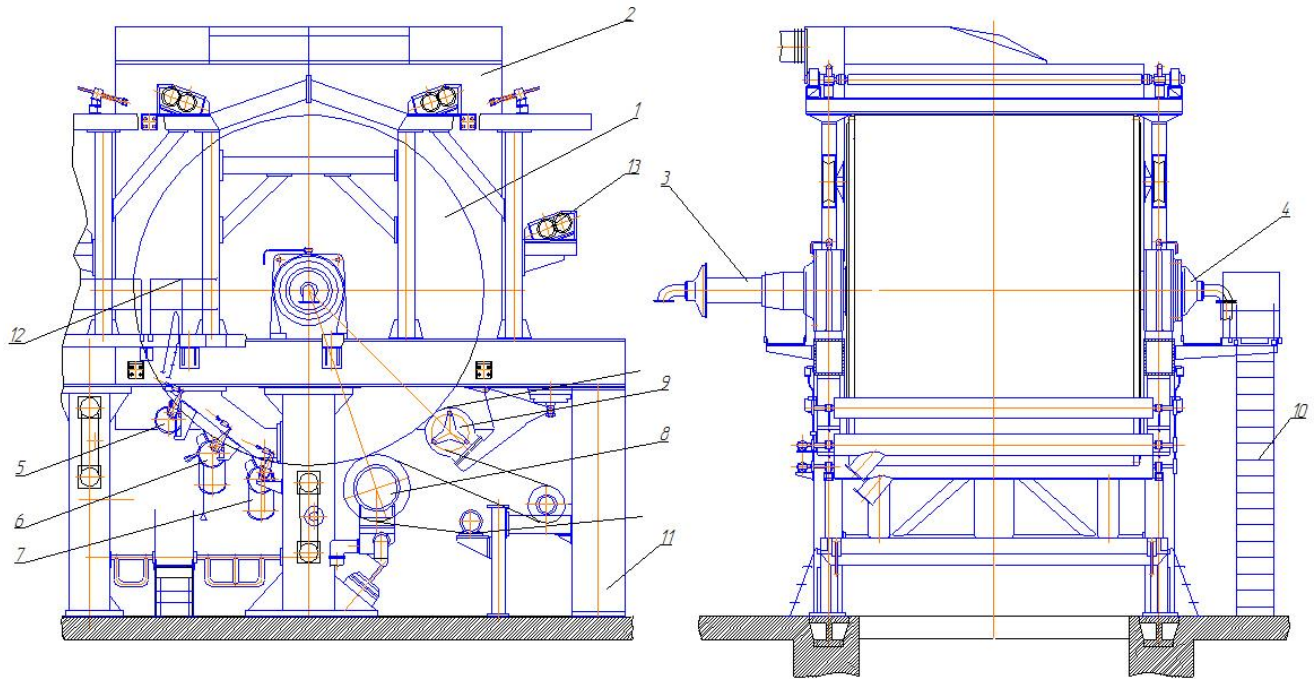
Технічна характеристика наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Величина
Робочий тиск водяної пари в лощильному циліндрі	Па	$0,8 \cdot 10^6$
Робоча температура водяної пари в лощильному циліндрі	°C	185
Припустимий перегрів пари в лощильному циліндрі	°C	10
Температура повітря на вході в ковпак	°C	400
Зовнішній діаметр лощильного циліндра	м	6
Довжина корпусу циліндра	м	4,8
Лінійний тиск притискання першого гарячого пресу	Н/м	$70 \cdot 10^3$
Лінійний тиск притискання другого гарячого пресу	Н/м	$90 \cdot 10^3$
Початкова сухість паперу	%	45
Кінцева сухість паперу	%	96
Маса 1 м ² паперу	г/м ²	28
Максимальна робоча швидкість	м/с (м/хв)	16,66(1000)
Маса	кг	106000
Габаритні розміри : - довжина - ширина - висота	м	10,12 10,73 10,06

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції

3.1 Конструкція і принцип дії виробу, основних складальних одиниць і деталей



1 – циліндр лощильний, 2 – ковпак конвективного сушіння, 3 – головка конденсатовідвідна, 4 – головка паровпускна, 5 – шабер з'ємний, 6 – шабер крепуючий, 7 – шабер очисний, 8 – перший гарячий прес, 9 – другий гарячий прес, 10 – сходи, 11 – станина, 12 – містки, 13 – редуктор

Рисунок 3.1 – Конструкція лощильного циліндру

Сушильна частина папероробної машини використовується для сушіння паперового полотна контактним-конвективним методом. Пара під тиском подається через паровпускний пристрій 4 (рисунок 3.1) в лощильний циліндр 1, через стінку віддає тепло паперовому полотну та конденсується, утворюючи на внутрішній стороні циліндра плівку конденсату у вигляді водяного кільця. Конденсат відводиться з лощильного циліндру 1 за допомогою сифону через конденсатовідвідний пристрій 3.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для інтенсифікації процесу сушіння шляхом високотемпературного теплообміну над лощильним циліндром 1 встановлено ковпак конвективного сушіння 2, який піднімається та опускається за допомогою пневмоциліндрів.

Паперове полотно подається на лощильний циліндр 1 через вал з глухими отворами, а знімається за допомогою крепуючого шаберу 6 та поступає на накат ПРМ.

Залишки паперового полотна вилучаються з поверхні лощильного циліндру очисним шабером 7. З'ємний шабер 5 використовують для очищення поверхні лощильного циліндра 1. Притискання лез шаберів здійснюється за допомогою тиску повітря в пневмоциліндрах.

Установка для нагрівання повітря нагріває циркуляційне повітря для роботи ковпака конвективного сушіння 2. Нагрівання здійснюється за допомогою Махон-пальника, який розпалюється газом. Природний газ підводиться до пальників через ланцюг газової безпеки та регулюючий пристрій. Нагріте сухе повітря надходить до ковпаку 2, насичується вологою та відпрацьована пароповітряна суміш відводиться з ковпаку конвективного сушіння. Частина суміші потрапляє до установки нагрівання, інша частина приймає участь в нагріванні свіжого повітря, після того як охолоджене виводиться в зовнішнє середовище.

Ковпак конвективного сушіння 2 складається з двох розсувних секцій, кожна з яких має канал підведення нагрітого повітря та відведення відпрацьованої пароповітряної суміші; розсувна секція зроблена з кількох елементів, з'єднаних між собою. Кожна секція зроблена у вигляді зварного каркасу, утепленого і вкритого гофрованим алюмінієвим листом.

До каркасу сегмента кріпиться соплова камера зварної конструкції, днище якої зроблено у вигляді коробчатих конструкцій, які з'єднанні між собою насадками. Днище коробчатої конструкції перфороване для подачі нагрітого повітря, яке надходить з насадки. У простір між насадками виводиться пароповітряна суміш. Соплові камери сегментів мають лючки для можливості регулювати подачу повітря за шириною полотна.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нагріте повітря подається на папір. Відпрацьоване повітря видаляється з проміжків між насадками. Ковпак 2 монтують на станині 11 лощильного циліндру за допомогою болтів.

Вентилятор подає повітря в камеру ковпака, а з неї повітря через насадки надходить на папір. Вторинний потік повітря складається з циркуляційного та свіжого підігрітого повітря, що додається в кількості 20% до повітря, що надходить в ковпак.

Кількість повітря, що подається в кожен секцію ковпака, можливо регулювати за допомогою засувки, які знаходяться на каркасі ковпака. Кожна засувка має електродвигун і керується з пульта. Таким чином, можна регулювати вологість паперу по ширині та уздовж полотна. Для монтажу та обслуговування ковпака сегменти мають лази. Для відведення секцій ковпака конвективного сушіння від поверхні лощильного циліндра при заправленні паперового полотна після обриву, при ремонті або за необхідності прибрати накопичення паперу або пилу, є механізм переміщення ковпака.

Механізм переміщення ковпака складається з чотирьох пневмодвигунів, чотирьох гвинтових підйомників та системи вертикальних нижніх роликів, які укріплені на каркасі ковпака та переміщуються по нахиленим направляючим кронштейнам, установленим на несучих опорах.

Патрубки підведення нагрітого повітря та відведення пароповітряної суміші з'єднані з відповідними повітроводами газового теплоцентру спеціальними висувними з'єднаннями та вузлами, що дають можливість забезпечити швидке від'єднання або з'єднання патрубків ковпака та повітроводів теплоцентру у разі з'єднання або роз'єднання ковпака.

Лощильний циліндр – основний елемент сушильної частини ПРМ. Циліндр 1 складається з корпусу, торцевих кришок та центрального порожнистого вала з цапфами. Кришки з'єднані з корпусом і валом болтами. В обох кришках, а також у центральному пустотілому валу є люки, необхідні для проведення монтажних робіт і внутрішнього огляду.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня поверхня циліндру безпосередньо дотикається до паперового полотна. Внутрішня поверхня проточена по діаметру для збільшення поверхні теплопередачі за рахунок кращого відведення конденсату.

Лощильний циліндр на відміну від звичайних сушильних циліндрів має більш низькі кутові швидкості, тому рух плівки конденсату має ламінарний характер. В даній конструкції для покращення теплообміну на внутрішній поверхні встановлені планки, які турбулізують плівку конденсату.

Торцеві кришки лощильного циліндра мають сферичну, опуклу форму та кріпляться до корпусу лощильного циліндра болтами. В кришці існує лаз, виготовлений з котельної листової сталі, для можливості проведення ремонтних робіт всередині лощильного циліндра. Через порожні цапфи лощильного циліндра вводиться теплоізоляційна парова труба для підведення пари та труба для відведення конденсату.

Лощильний циліндр обігрівається парою, яка підходить через порожню цапфу у внутрішній перфорований циліндр. Отвори на внутрішньому циліндрі використовуються для рівномірного розподілення пари всередині лощильного циліндра. Неправильне розподілення пари всередині лощильного циліндра може призвести до нерівномірного прогріву його стінок та нерівномірного сушіння паперу по ширині паперового полотна.

Конденсат з лощильного циліндра видаляється за допомогою обертових сифонів, які з'єднані з конденсатною трубою трубками. На порожні цапфи кріпляться паровпускні та конденсатовивідний пристрої. Вони забезпечують перехід від рухомої частини системи до нерухомої, а також їх взаємну погоджену роботу.

З приводної та лицевої сторін цапфи лощильного циліндра спираються на роликові радіальні сферичні підшипники.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір матеріалів

Аналізуючи умови роботи та конструктивні особливості пропонованого лоцильного циліндра, можна зробити наступні висновки:

Матеріал для виготовлення цапф повинен мати високі механічні властивості у великих перерізах. Тому обираємо сталь конструкційну леговану марки 40Х. Вона придатна для термічної та хіміко-термічної обробки, що забезпечує досить високі показники механічних властивостей.

Корпус циліндра відливається з чавуну модифікованого з високими характеристиками міцності та високою теплопровідністю. Твердість чавуна забезпечує високу гладкість та чистоту зовнішньої поверхні, а відповідно, і високий коефіцієнт тепловіддачі від циліндра до паперу.

Леза шаберів виготовлені з м'якої сталі Ст 5. Твердість сталі НВ 120...130.

3.3 Патентний огляд конструкції сушильної частини

В проекті розроблено конструкцію сушильної частини ПРМ.

Предмет пошуку – 1) сушильна частина ПРМ 2) конструкція лоцильного циліндра; 3) конструкція паровпускної головки.

Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі.

Мета пошуку інформації - визначення патентоспроможності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Російська Федерація, СРСР, США, Великобританія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, патенту на корисну модель – 6 років. Тому регламент пошуку встановлюємо в межах 1998 – 2018 рр.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК4, МПК5, МПК6 і МПК7 - D21F5/00, D21F5/02,5/03, D21F5/10;

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 676.024.16, 676.05.

Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетні Держпатенту України, Роспатенту й Госпатенту СРСР;

- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу папероробні, картоноробні та спеціальні машини.

Суттєвими ознаками апарата є: проміжні та вали з гідропідтримкою оболонки, станина.

Початок пошуку 01.10.2018 р. Закінчення пошуку 10.10.2018 р.

Усі відмінності по патентам та джерелам пошуку наведені у Додатку Б.

3.4 Відомості про використані винаходи і патентну чистоту

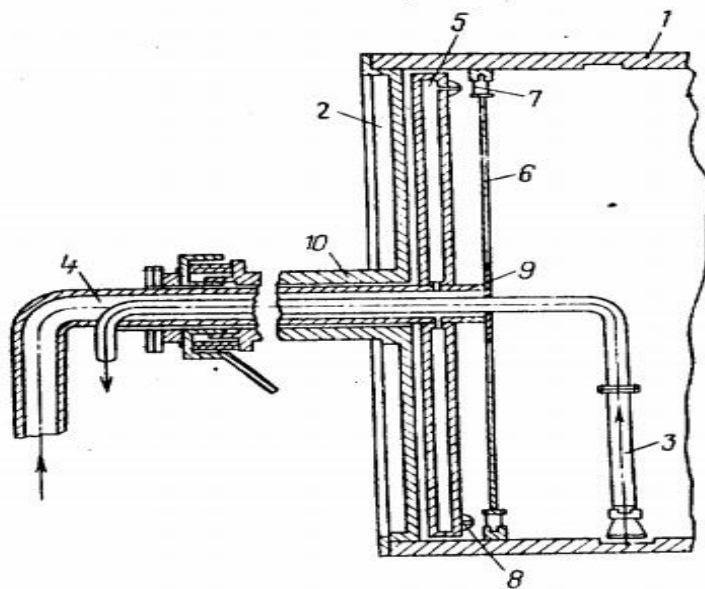
Авторами патенту [2] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рисунок 3.2), яка відрізняється тим, що, з метою зменшення енерговитрат на привід циліндру, він оздоблений розміщеною між кришкою та диском, з'єднаною з паропроводом паровою камерою, на стінці якої з боку диску встановлені по колу сопла, а на диску навпроти сопел змонтовані профільовані лопатки, розташовані з зазором одна відносно одної для проходження пари в порожнину корпусу циліндра.

Перевагами сушильного циліндра є зменшення енергозатрат на привод і полегшення його пуску.

Недоліками сушильного циліндра є складність конструкції, необхідність герметизації апарата.

Авторами патенту [3] розроблено конструкцію сушильного циліндра папероробної машини (рисунок 3.3), яка відрізняється тим, що його корпус виготовляється відцентрово-литим із сірого чавуну зі ступенем евтектичності 0,5...0,8, що забезпечує отримання рівномірних структури та механічних властивостей металу, а застосування чавуну, суспензованого в процесі заливання

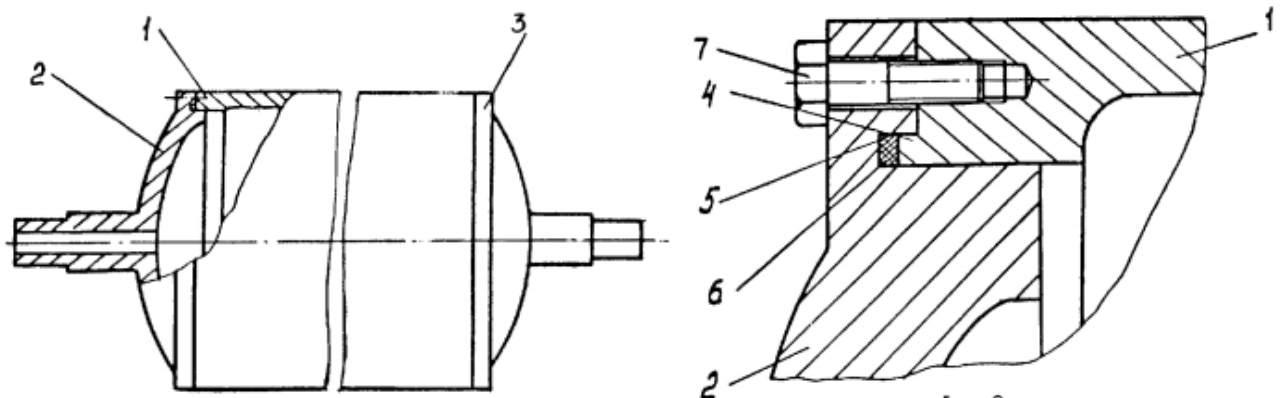
					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 1 – циліндричний корпус; 2 – торцеві кришки; 3 – сифони;
 4 – паропровід; 5 – парова камера; 6 – диск;
 7 – профільовані лопатки; 7 – сопла; 9, 10 – ущільнення.

Рисунок 3.2 – Сушильний циліндр

ливої форми, знижує рівень литих напружень в корпусі, виконання на торцях корпусу кільцевих виступів та відповідних до них за формою канавок на кришках із забезпеченням надійного з'єднання корпусу з кришками.



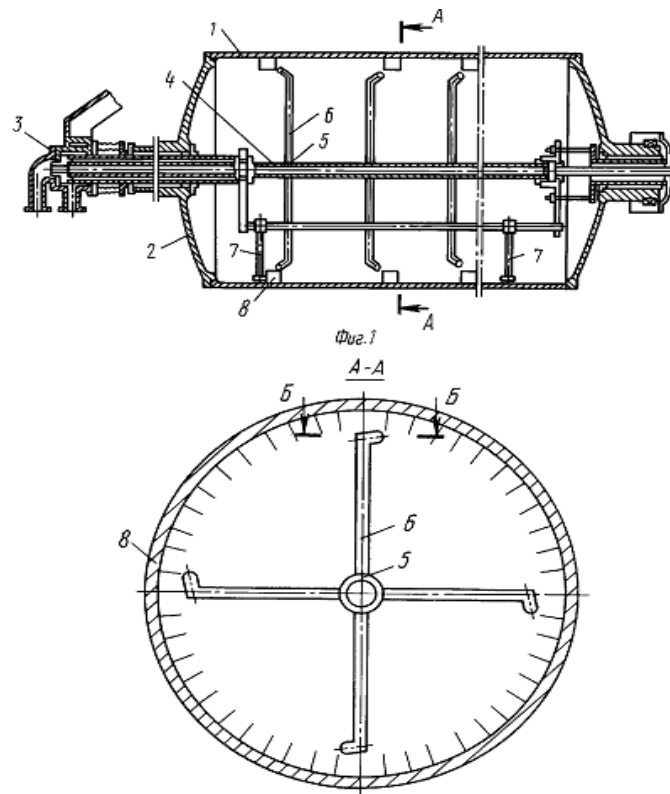
- 1 – корпус; 2, 3 – кришки; 4 – кільцеві виступи;
 5 – кільцеві канавки; 6 – ущільнюючі кільця; 7 – гвинти

Рисунок 3.3 – Сушильний циліндр

Перевагами даного сушильного циліндра є підвищення експлуатаційної надійності та працездатності, підвищення техніко-економічних показників конструкції.

Недоліками сушильного циліндра є складність конструкції, наявність небезпечних зон в конструкції від дії тиску.

Авторами патенту [4] розроблено конструкцію сушильного циліндра папероробної машини (рисунок 3.4), яка відрізняється тим, що з метою збільшення ефективності роботи циліндра за рахунок економії електроенергії на привід, в корпусі по периметру та вздовж його твірної встановлені лопатки, а трубчастий насадок парової голівки виконаний перфорованим, змонтований по осі циліндра та має приєднані до отворів перпендикулярно до насадки трубки.



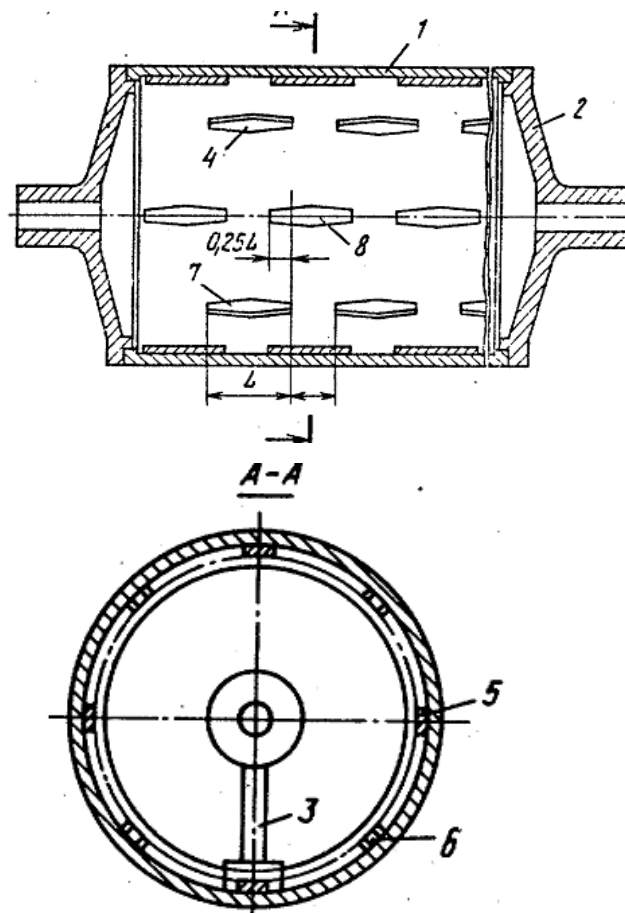
- 1 – корпус; 2 – торцеві кришки; 3 – парова головка; 4 – труба;
 5 – отвори-перфорації; 6 – трубчаті насадки;
 7 – збірник конденсату; 8 – лопатки

Рисунок 3.4 – Сушильний циліндр

Перевагами сушильного циліндра є підвищення ефективності роботи циліндра за рахунок економії електроенергії на його привід і інтенсифікація теплообміну.

Недоліками сушильного циліндра є недостатня інтенсифікація теплообміну всередині циліндра.

Авторами патенту [5] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рисунок 3.5), яка відрізняється тим, що, з метою підвищення інтенсивності теплообміну та зменшення енерговитрат при зміні товщини конденсатного кільця, планки одного ряду зміщені вздовж твірної корпусу відносно планок суміжного ряду на $0,25...0,35$ їхньої довжини, а відстань між планками суміжних рядів складає $0,4...0,5$ довжини планки.



- 1 – циліндричний корпус; 2 – торцеві кришки;
 3 – пристрій для підводу пара і відводу конденсату;
 4 – турбулізуючі планки; 5,6 – твірні корпусу; 7,8 – планки

Рисунок 3.5 – Сушильний циліндр

Перевагами сушильного циліндра є підвищення інтенсивності теплообміну і зниження енергозатрат.

Недоліками сушильного циліндра є наявність теплових втрат.

Авторами патенту [6] розроблено конструкцію ковпака, яка відрізняється тим, що, для інтенсифікації процесу сушіння паперового полотна, перфорована поверхня соплової камери має розширені в напрямку від циліндра отвори, з'єднані з відповідними трубками, призначеними для видалення з ковпака повітря з відібраною вологою.

Авторами патенту [7] розроблено ковпак, в якому, для інтенсифікації процесу сушіння, підвищена швидкість подачі повітря в ковпак для більш швидкого видалення вологи з паперового полотна.

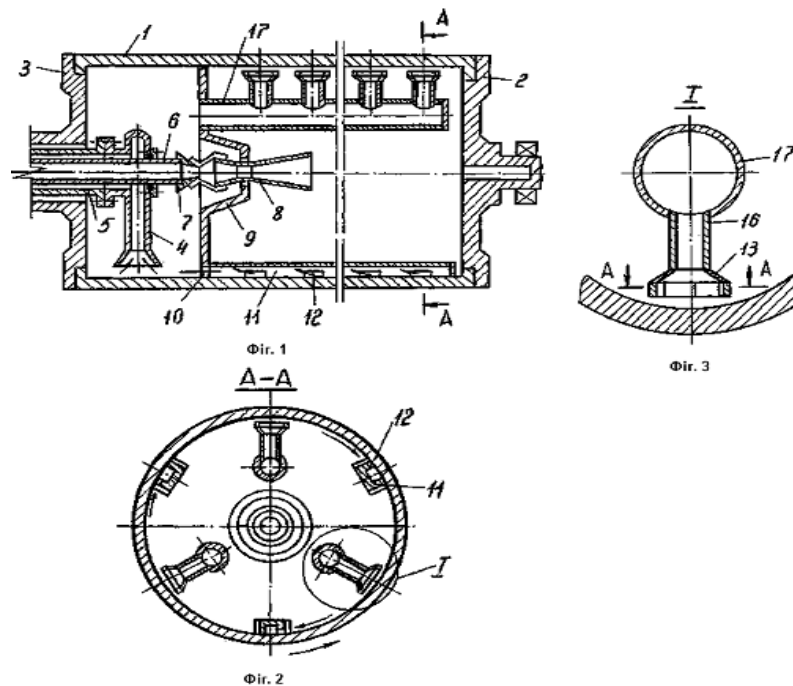
Авторами патенту [8] запропоновано конструкцію сушильного циліндру (рисунок 3.6), яка відрізняється тим, що між суміжними збірниками конденсату на рівному віддаленні від них, вздовж твірної корпусу із зазором до внутрішньої поверхні корпусу встановлені в ряд через рівні інтервали турбулізатори конденсату, виконані у вигляді завихрювачів потоку пари, кожен ряд яких з'єднаний колектором для відведення пари з порожниною корпусу, утворюваною розподільним диском та торцевою кришкою з протилежного боку машини.

Перевагами сушильного циліндра є інтенсифікація теплообміну і скорочення енерговитрат.

Недоліками конструкції є необхідність постійного забезпечення рівномірного видалення конденсату по всій довжині циліндра

Авторами патенту [9] розроблено конструкцію ковпака, яка відрізняється тим, що, для збільшення інтенсивності сушіння, ковпак має камеру поділу повітря, яка забезпечує подачу повітря через сопла та обтікання поверхні матеріалу поздовжнім потоком повітря.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 1 – корпус, 2,3 – торцеві кришки лицьового і приводного боку машини;
 4 – нерухомий сифон; 5 – трубопровід для відведення конденсату;
 6 – трубопровід для подачі пару; 7 – сопла; 8 – дифузор;
 9 – розподільний диск; 10 – отвори; 11 – збірники конденсату;
 12 – щілинні отвори; 13 – турбулізатори; 14 – лопасті;
 15 – тангенціальні канали; 16 – патрубки; 17 – колектор

Рисунок 3.6 – Сушильний циліндр

В результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1) Розроблення апаратів лоцильних циліндрів іде у напрямках підвищення інтенсивності і покращення ефективності їх роботи. Найчастіше пропонуються конструкції, які дозволяють підвищити продуктивність процесу сушіння, покращити якість одержуваного продукту, знизити матеріальні та енергетичні витрати для проведення процесу.

2) Країнами, в яких патентні дослідження здійснюються найактивніше, є: США, Японія, країни ЄС, Китай, Україна.

3) Попередні дослідження, виконані в цій роботі свідчать, що у розробленій сушильній частині використані відмінні ознаки від розглянутих винаходів, отже

подана конструкція є патентоспроможною. У подальшому буде оформлений патент.

4) Подальші дослідження спрямовані на підвищення продуктивності проектного апарату слід здійснювати в напрямках покращення якості одержаного продукту, зниження металоємності апарата, зменшення часу проведення сушіння та енергетичних затрат на реалізацію процесу.

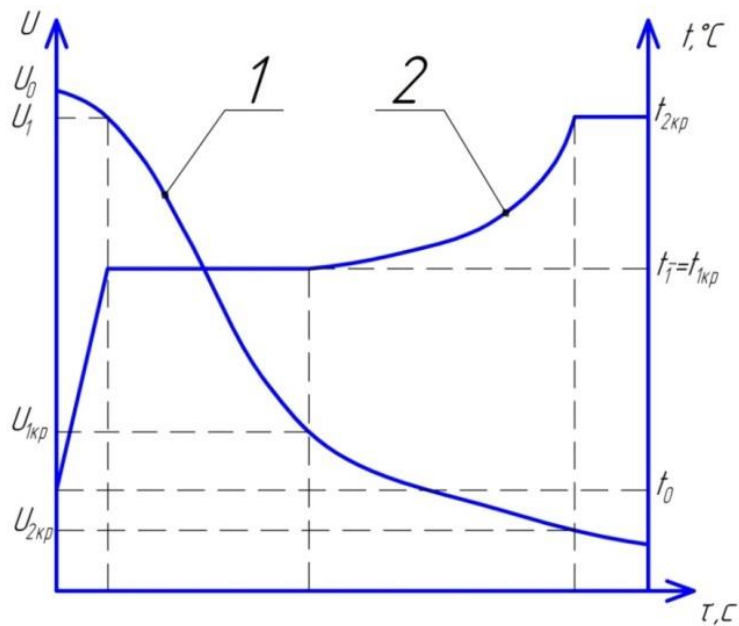
					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Тепловий розрахунок сушильної частини

Мета розрахунку: визначення з достатньою точністю активної поверхні теплообміну лоцильного циліндра та його діаметру.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.1.



1 – крива зміни вологовмісту; 2 – крива зміни температури

Рисунок 4.1 – Зміна вологовмісту та температури на різних стадіях сушіння

Вихідні дані:

Швидкість машини $V, \frac{м}{с} (\frac{м}{хв})$	16,67 (1000)
Ширина паперового полотна $B, м$	4,25
Маса 1 м ² паперу $g, \frac{г}{м^2}$	28
Початкова сухість паперу $S, \%$	45
Кінцева сухість паперу $S_k, \%$	96
Тиск пари $P, МПа$	0,8

Частка охоплення циліндра полотном φ

0,78

Розрахунок робочої поверхні лоцильного циліндра проводиться за методикою, наведеною в [10].

Продуктивність машини по абсолютно сухій масі паперу:

$$G_{a.c.n.} = 0,06BVg(1-W) = 0,06 \cdot 4,25 \cdot 1000 \cdot 28 \cdot (1-0,04) = 6854,4 \frac{\text{кг}}{\text{год}};$$

$$W = 1 - S_k = 1 - 0,96 = 0,04.$$

де W – вологість паперу.

Вологовміст полотна початковий, в кінці періоду прогріву та кінцевий відповідно:

$$U_0 = \frac{1 - S_0}{S_0} = \frac{1 - 0,45}{0,45} = 1,22;$$

$$U_k = \frac{1 - S_k}{S_k} = \frac{1 - 0,96}{0,96} = 0,0416;$$

$$U_1 = U_0 - 0,1 \cdot U_0 = 0,9U_0 = 0,9 \cdot 1,22 = 1,098.$$

Критичний вологовміст $U_{1к}$, при якому починає підвищуватись температура полотна паперу, залежить від початкової сухості та товщини полотна. Для санітарно – гігієнічних видів паперу: $U_{1к} = 0,65$.

Середню температуру паперового полотна в кожному періоді сушіння:

Середня температура паперу в періоді прогріву:

$$\bar{t}_{np} = \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{20 + 94}{2} = 57^\circ \text{C}.$$

Середня температура паперу в першому періоді сушіння:

$$\bar{t}_1 = \frac{t_1 + t_{1кр}}{2} = \frac{94 + 94}{2} = 94^\circ \text{C}.$$

Середня температура паперу в другому періоді сушіння:

$$\bar{t}_2 = \frac{t_{1кр} + t_{2кр}}{2} = \frac{94 + 115}{2} = 104,5^\circ \text{C}.$$

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При абсолютному тиску пари $P' = P + 1 = 0,8 + 0,1 = 0,9 \text{ атм} = 0,9 \text{ МПа}$
температура насичення $t_s = 174,53^\circ \text{C}$ [11].

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4000} + \frac{0,044}{50} + \frac{1}{800}} = 420,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де $\alpha_1 = 4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від пари до внутрішньої стінки
циліндра;

$S = 0,044 \text{ м}$ – товщина стінки циліндра;

$\lambda = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності стінки;

$\alpha_2 = 800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки циліндра
до паперового полотна.

Питомий тепловий потік в період прогріву:

$$q_{np} = k(t_s - \bar{t}_{np}) = 420,17 \cdot (174,53 - 57) = 49382,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Питомий тепловий потік в перший період сушіння:

$$q_1 = k(t_s - \bar{t}_1) = 420,17 \cdot (174,53 - 94) = 33836,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Питомий тепловий потік в другий період сушіння:

$$q_2 = k(t_s - \bar{t}_2) = 420,17 \cdot (174,53 - 104,5) = 29424,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Кількість тепла, що сприймається паперовим полотном, за періодами
сушіння:

$$Q_{np} = \frac{1}{\psi_{np}} G_{a.c.n.} [(C_n + U_1 C_s)(t_1 - t_0) + (U_0 - U_1) r_0] = \frac{1}{0,95} \cdot \frac{6854,4}{3600} \times \\ \times [(1,43 + 1,098 \cdot 4,19) \cdot (94 - 20) + (1,22 - 1,098) \cdot 2280] = 1451,9 \text{ кВт};$$

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = \frac{1}{\psi_1} G_{a.c.n.} (U_1 - U_{1kp}) r_1 = \frac{1}{0,91} \cdot \frac{6854,4}{3600} \cdot (1,098 - 0,65) \cdot 2280 = 2137,16 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = \frac{1}{\psi_2} G_{a.c.n.} \left[(C_n + U_2 C_{\text{в}}) (t_2 - t_{1kp}) + (U_{1kp} - U_{2kp}) r_2 \right] = \frac{1}{0,78} \cdot \frac{6854,4}{3600} \times \\ \times \left[(1,43 + 0,02 \cdot 4,19) \cdot (104,5 - 20) + (0,65 - 0,02) \cdot 2280 \right] = 3545,052 \text{ кВт};$$

де $\psi_{np} = 0,95$ - тепловий ККД в період нагріву паперового полотна;

$\psi_1 = 0,91$ - тепловий ККД в перший період сушіння паперового полотна;

$\psi_2 = 0,78$ - тепловий ККД в другий період сушіння паперового полотна;

$r_1 = r_2 = r_3 = 2280 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ - питомі теплоти пароутворення;

$C_n = 1,43 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - теплоємність повітря,

$C_{\text{в}} = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - теплоємність води.

Кількість грійучої пари:

$$Q_{\text{зн}} = \frac{Q_{np} + Q_1 + Q_2}{r} = \frac{1451,9 + 2137,16 + 3545,052}{2280} = 3,13 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Кількість теплоти перегріву пари :

$$Q_{np} = Q_{\text{зн}} C_{np} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}}) = 3,13 \cdot 1,97 \cdot (185 - 174) = 67,82 \text{ кВт},$$

де $C_{np} = 1,9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - теплоємність пари.

Площа поверхні циліндру:

$$F = \pi D_y B = 3,14 \cdot 6 \cdot 4,25 = 80,07 \text{ м}^2;$$

де $F = 80,07 \text{ м}^2$ - площа теплообміну.

Конвективні складові питомих теплових потоків за періодами сушіння:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{np\text{ конв}} = \alpha_{\kappa} (t_{нов} - \bar{t}_{np}) = 267,2 \cdot (400 - 57) = 91649,6 \frac{Bm}{m^2};$$

$$q_{1\text{ конв}} = \alpha_{\kappa} (t_{нов} - \bar{t}_1) = 267,2 \cdot (400 - 94) = 81763,2 \frac{Bm}{m^2};$$

$$q_{2\text{ конв}} = \alpha_{\kappa} (t_{нов} - \bar{t}_2) = 267,2 \cdot (400 - 104,5) = 78957,6 \frac{Bm}{m^2};$$

де $\alpha_{\kappa} = 267,2 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ - коефіцієнт конвективного теплообміну;

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{30 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 6000,$$

де $t_{нов} = 400^{\circ}C$ - температура повітря, що подається під ковпак конвективного сушіння [10];

$\omega = 30 \frac{m}{c}$ - середня швидкість повітря в соплах;

$l = 5 \cdot 10^{-3} m$ - довжина сопла;

$\nu = 25 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{c}$ - кінематична в'язкість повітря.

Тепловий критерій Нусельта

$$Nu = 0,07 Re^{0.75} = 0,07 \cdot 6000^{0.75} = 47,72.$$

Коефіцієнт конвективного теплообміну:

$$\alpha_{\kappa} = \frac{Nu \lambda}{l} = \frac{47,72 \cdot 2,8 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-3}} = 267,2 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$

Загальні питомі теплові потоки за періодами сушіння:

$$q'_{np} = q_{np} + q_{np\text{ конв}} = 49382,58 + 91649,6 = 141032,18 \frac{Bm}{m^2};$$

$$q'_1 = q_1 + q_{1\text{ конв}} = 33836,29 + 81763,2 = 115599,49 \frac{Bm}{m^2};$$

$$q'_2 = q_2 + q_{2\text{ конв}} = 29424,5 + 78957,6 = 108382,1 \frac{Bm}{m^2}.$$

Робоча поверхня циліндра за період прогріву:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$F_{np} = \frac{Q_{np}}{q'_{np}} = \frac{1451,9 \cdot 10^3}{141032,18} = 10,29 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня циліндра за перший період сушіння:

$$F_1 = \frac{Q_1}{q'_1} = \frac{2137,16 \cdot 10^3}{115599,49} = 18,48 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня циліндра за другий період сушіння:

$$F_2 = \frac{Q_2}{q'_2} = \frac{3545,052 \cdot 10^3}{108382,1} = 32,7 \text{ м}^2.$$

Загальна робоча поверхня циліндра:

$$F_{заг} = F_{np} + F_1 + F_2 = 10,29 + 18,48 + 32,7 = 61,47 \text{ м}^2.$$

Розміри ковпака конвективного сушіння залежать від розмірів лощильного циліндра. Тоді розрахунковий діаметр лощильного циліндра:

$$D_0 = \frac{F_{заг}}{\pi B \varphi} = \frac{61,47}{3,14 \cdot 4,25 \cdot 0,78} = 5,9 \text{ м}.$$

Висновок: оптимальним для знайденої робочої поверхні лощильного циліндра діаметром, який задовольняв би продуктивну роботу даного апарата, приймаємо $D_0 = 6 \text{ м}$.

4.2 Розрахунок лощильного циліндру

Мета розрахунку: перевірка лощильного циліндру на міцність, що включає розрахунок корпусу циліндра, кришки, пустотілого валу, кришки лазу, а також перевірку на міцність цапф та розрахунок болтів, перевірку на міцність зварного з'єднання.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.2

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

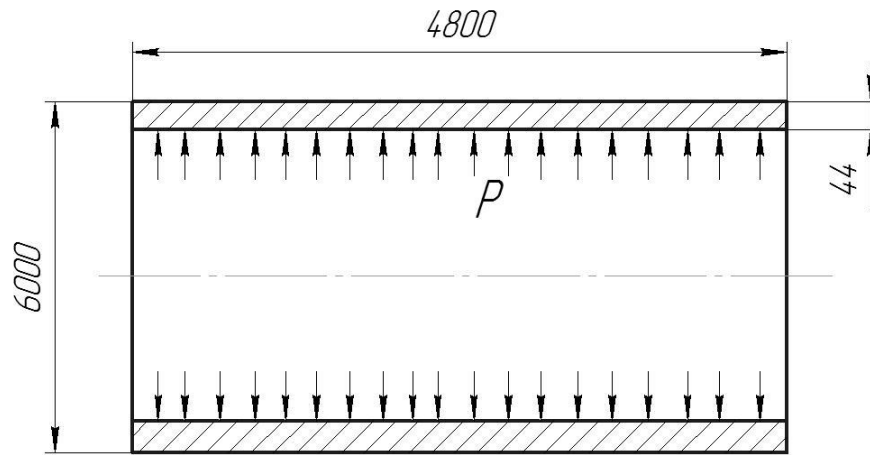


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема лоцильного циліндра

Вихідні дані:

Тиск пари $P, \text{МПа}$	0,8
Зовнішній діаметр $D_0, \text{м}$	6
Довжина корпусу $L, \text{м}$	4,8
Відстань між фланцями $L_1, \text{м}$	4,44
Виконана товщина стінки $S, \text{м}$	0,044
Висота ребра $S_r, \text{м}$	0,037
Ширина ребра $b, \text{м}$	0,0175
Довжина ребра $t, \text{м}$	0,03
Границя міцності при розтягуванні $\sigma_p, \text{МПа}$	330
Модуль пружності $E, \text{Па}$	$1,35 \cdot 10^{11}$
Коефіцієнт теплового розширення α, K^{-1}	$11,5 \cdot 10^{-6}$
Коефіцієнт Пуассона ν	0,25
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$	41
Густина сталі $\rho, \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$	7300
Виконана товщина стінки кришки $S_e, \text{м}$	0,06

Радіус кривизни $R_0, м$	1,35
Тиск пари $P, МПа$	0,8
Допустиме напруження $[\sigma]_{кр}, МПа$	60
Матеріал: котельна листова сталь.	
Показники матеріалу для трубчастої частини $\sigma'_{тр} = \sigma_{тр}(20^0 C), МПа$	255
$\sigma_{тр} = \sigma_{тр}(200^0 C), МПа$	205
Коефіцієнт запасу міцності для трубчастої частини n	1,5
n'	1,1
Зовнішній діаметр $D_з, м$	2
Товщина стінки трубчастої частини $S_e, м$	0,04
Діаметр отвору для труби сифону $d_{мс}, м$	0,14
Показники матеріалу для конічної частини $\sigma'_{кон} = \sigma_{кон}(20^0 C), МПа$	226
$\sigma_{кон} = \sigma_{кон}(200^0 C), МПа$	176
Коефіцієнт запасу міцності для конічної частини $n_{кон}$	2,0
$n'_{кон}$	1,5
Радіус переходу від трубчастої частини до конічної $r, м$	0,2
Половина кута розтину $\varphi, град$	44
Виконана товщина стінки конічної частини $S_{e1}, м$	0,1
Максимальний внутрішній діаметр $D_1, м$	0,46
Мінімальний зовнішній діаметр $D_0, м$	0,67
Мінімальна виконана товщина стінки $S_e, м$	0,105
Зовнішній діаметр зварного з'єднання кришки з пустотілим валом $D_{зкр}, м$	
	2,0
Діаметр поверхні різання $D_{пр}, м$	3,39
Діаметр ділильного кола зовнішній $D_{зовн}, м$	5,86

внутрішній $D_{вн}, м$	1,96
Показники матеріалу $\sigma'_{36} = \sigma_{36}(20^0 C), МПа$	700
$\sigma_{36} = \sigma_{36}(200^0 C), МПа$	635
Коефіцієнт запасу міцності n_{36}	1,8
n'_{36}	1,3
Прокладка між кришкою та корпусом циліндра:	
Середній діаметр ущільнювальної поверхні $d_{цил}, м$	5,86
Ширина ущільнювальної поверхні $b_{уцил}, м$	0,12
Ширина прокладки $b_{нцил}, м$	0,06
Різьбове з'єднання кришки та корпусу:	
Різьба	M42
Кількість болтів n_6	160
Внутрішній діаметр різьби $d_{рв}, м$	0,0359
Прокладка між кришкою та пустотілим валом:	
Середній діаметр ущільнювальної поверхні $d_{вал}, м$	1,96
Ширина ущільнювальної поверхні $b_{увал}, м$	0,11
Ширина прокладки $b_{нвал}, м$	0,055
Товщина прокладки $h_{нвал}, м$	0,0015
Різьбове з'єднання кришки та пустотілого вала:	
Кількість болтів n_{61}	52
Матеріал – котельна листова сталь.	
Показники матеріалу: $\sigma'_{різб} = \sigma_{різб}(20^0 C), МПа$	255
$\sigma_{різб} = \sigma_{різб}(200^0 C), МПа$	205
Коефіцієнт запасу міцності кришки: $n_{різб}$	1,5
$n'_{різб}$	1,1

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній діаметр прокладки $d_n, м$	0,47
Вплив фактора виду кріплення c	0,35
Виконана товщина стінки $S_e, м$	0,03
Показники матеріалу $\sigma'_\sigma = \sigma_\sigma(20^0 C), МПа$	440
$\sigma_\sigma = \sigma_\sigma(200^0 C), МПа$	412
Коефіцієнт запасу міцності: n	1,8
n'	1,3
Фланці оброблені з усіх боків φ	1,0
Різьбове з'єднання	
Різьба	M24
Кількість болтів n_σ	12
Внутрішній діаметр різьби $d_{pv}, м$	0,0199
Середній діаметр ущільнювальної поверхні $d_n, м$	0,47
Ширина ущільнювальної поверхні $b_{yn}, м$	0,06
Ширина прокладки $b_{n1вал}, м$	0,03
Товщина прокладки $h_{n1вал}, м$	0,002

Розрахунок корпусу циліндру на міцність

Розраховуємо товщину стінки циліндра.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Коефіцієнт запасу міцності (корпус прокалений) $S = 7$.

Необхідна товщина стінки в коловому напрямку:

$$S_{e1} = \frac{D_0 p}{\frac{2\sigma_p}{S} + p} - \frac{S_r b}{t} = \frac{6 \cdot 0,8 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 330 \cdot 10^6}{7} + 0,8 \cdot 10^6} - \frac{0,037 \cdot 0,0175}{0,03} = 0,0289 м;$$

$$S_{e1} = 0,0289 м < S = 0,044 м.$$

Необхідна товщина стінки в поздовжньому напрямку:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{e2} = \frac{D_0 p}{6 \sigma_p} S = \frac{6 \cdot 0,8 \cdot 10^6}{6 \cdot 330 \cdot 10^6} \cdot 7 = 0,017 \text{ м};$$

$$S_{e2} = 0,017 \text{ м} < S = 0,044 \text{ м}.$$

Запас міцності:

$$\tau = \frac{S - S_{e \max}}{S_{e \max}} = \frac{0,044 - 0,0289}{0,0289} = 0,52 \text{ МПа},$$

де $S_{e \max} = 0,0289 \text{ м}$ - максимальне розрахункове значення товщини стінки:

$$S_{e \max} = \max\{S_{e1}; S_{e2}\} = \max\{0,0289; 0,017\} = 0,0289 \text{ м}.$$

Оскільки умова міцності виконується, приймаємо товщину стінки лощильного циліндру $S_e = 0,0289 \text{ м}$.

Розрахуємо напруження, які виникають в корпусі циліндру.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Визначимо надлишкового тиску, який виникає в корпусі циліндру

Напруження в середині корпусу в поперечному напрямку:

$$\sigma_{CP, \Pi} = \frac{p D_0}{2 S \varphi} = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,044 \cdot 1,491} = 36,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 36,6 \text{ МПа}$$

$$\varphi = 1 + \frac{S_r b}{S t} = 1 + \frac{0,037 \cdot 0,0175}{0,044 \cdot 0,03} = 1,491.$$

Напруження в середині корпусу в поздовжньому напрямку:

$$\sigma_{CP, \Pi} = \frac{p D_0}{6 S} = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{6 \cdot 0,044} = 18,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 18,2 \text{ МПа}.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поздовжньому напрямку відносно внутрішнього діаметра:

$$\sigma_{P\Phi, Д, В} = \frac{p D_0}{2 S} \left[\frac{1}{3} + \frac{22}{9 \sqrt{5 \varphi}} \right] = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,044} \left[\frac{1}{3} + \frac{22}{9 \sqrt{5 \cdot 1,491}} \right] = 67 \cdot 10^6 \text{ Па} = 67 \text{ МПа}.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поздовжньому напрямку відносно зовнішнього діаметра:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{p\Phi, \text{Д}, 3} = \frac{pD_0}{2S} \left[\frac{1}{3} - \frac{22}{9\sqrt{5\varphi}} \right] = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,044} \left[\frac{1}{3} - \frac{22}{9\sqrt{5 \cdot 1,491}} \right] =$$

$$= -30,7 \cdot 10^6 \text{ Па} = -30,7 \text{ МПа}.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поперечному напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\sigma_{p\Phi, \text{Д}, 3} = \frac{pD_0}{2S} \left[\frac{1}{12\varphi} - \frac{11}{18\sqrt{5\varphi}} \right] = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,044} \left[\frac{1}{12 \cdot 1,491} - \frac{11}{18\sqrt{5 \cdot 1,491}} \right] =$$

$$= -9,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = -9,2 \text{ МПа}.$$

Визначимо значення відцентрової сили, яка виникає в корпусі циліндру.

Напруження в середині корпусу в поперечному $\sigma_{\text{СР}, \Pi}$ та поздовжньому $\sigma_{\text{СР}, \text{Д}}$ напрямках відповідно:

$$\sigma_{\text{СР}, \Pi} = \rho V^2 = 7300 \cdot 20^2 = 2,92 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,92 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{СР}, \text{Д}} = 0.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поздовжньому напрямку відносно внутрішнього та зовнішнього діаметрів відповідно:

$$\sigma_{p\Phi, \text{Д}, B} = \rho V^2 \frac{8}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = 7300 \cdot 20^2 \cdot \frac{8}{3} \sqrt{\frac{1,491}{5}} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{p\Phi, \text{Д}, 3} = -\rho V^2 \frac{8}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = -7300 \cdot 20^2 \cdot \frac{8}{3} \sqrt{\frac{1,491}{5}} = -4,3 \cdot 10^6 \text{ Па} = -4,3 \text{ МПа};$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поперечному напрямку відносно внутрішнього та зовнішнього діаметрів відповідно:

$$\sigma_{p\Phi, \text{Д}, B} = \rho V^2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = 7300 \cdot 20^2 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,491}{5}} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{p\Phi, \text{Д}, B} = -\rho V^2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = -7300 \cdot 20^2 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,491}{5}} = -1,1 \cdot 10^6 \text{ Па} = -1,1 \text{ МПа}.$$

Визначимо значення щільності теплового потоку, який виникає в корпусі циліндру.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Напруження в середині корпусу в поперечному напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\sigma_{CP,П,З} = E\alpha\theta_s \left[\frac{4}{9} + \frac{\varphi-1}{\varphi} \left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{S\alpha_1} \right) \right] = 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 65 \times$$

$$\times \left[\frac{4}{9} + \frac{1,491-1}{1,491} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{41}{0,044 \cdot 3000} \right) \right] = 71,8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 71,8 \text{ МПа}.$$

де $\alpha_1 = 3000 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ – коефіцієнт тепловіддачі;

$q = 60000 \frac{Bm}{m^2}$ – очікувана щільність теплового потоку;

$\theta_s = q \frac{S}{\lambda} = 60000 \cdot \frac{0,044}{41} = 65 \text{ K}$ – перепад температури в стінці корпусу.

Напруження в середині корпусу в поздовжньому напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\sigma_{CP,Д,З} = \frac{4}{9} E\alpha\theta_s = \frac{4}{9} \cdot 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 65 = 44,9 \cdot 10^6 \text{ Па} = 44,9 \text{ МПа}.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця відносно зовнішнього діаметра в поперечному та поздовжньому напрямках відповідно:

$$\sigma_{РФ,П,З} = E\alpha\theta_s \left[\frac{4}{9} + \left(1 + \frac{2}{3\sqrt{5\varphi}} \right) \left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{S\alpha_1} \right) \right] = 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 65 \times$$

$$\times \left[\frac{4}{9} + \left(1 + \frac{2}{3\sqrt{5 \cdot 4,191}} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{41}{0,044 \cdot 3000} \right) \right] = 146,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 146,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{РФ,Д,З} = E\alpha\theta_s \left[\frac{4}{9} + \frac{8}{3\sqrt{5\varphi}} \left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{S\alpha_1} \right) \right] = 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 65 \times$$

$$\times \left[\frac{4}{9} + \frac{8}{3\sqrt{5 \cdot 1,491}} \left(\frac{1}{2} + \frac{41}{0,044 \cdot 3000} \right) \right] = 124,7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 124,7 \text{ МПа}.$$

Визначимо значення лінійного тиску в корпусі циліндру.

Напруження в середині корпусу в поперечному напрямку відносно зовнішнього діаметра:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{CP,П,3} = \frac{1}{2} p \sqrt[4]{DL^2} H^{\frac{7}{8}} = \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[4]{6 \cdot 4,8^2} \cdot (5658 \cdot 10^{-6})^{\frac{7}{8}} =$$

$$= 14,3 \cdot 10^6 \text{ Па} = 14,3 \text{ МПа};$$

$$\delta e H = S^2 \frac{\left[1 + \frac{bS_r^3}{tS^3}\right] \left[1 + \frac{bS_r}{tS}\right] + 3 \frac{bS_r}{tS} \left[1 + \frac{S_r}{S}\right]^2}{1 + \frac{bS_r}{tS} \left[2 + \frac{S_r}{S}\right]} = 0,044^2 \times$$

$$\times \frac{\left[1 + \frac{0,0175 \cdot 0,037^3}{0,03 \cdot 0,044^3}\right] \left[1 + \frac{0,0175 \cdot 0,037}{0,03 \cdot 0,044}\right] + 3 \frac{0,0175 \cdot 0,037}{0,03 \cdot 0,044} \left[1 + \frac{0,037}{0,044}\right]^2}{1 + \frac{0,0175 \cdot 0,037}{0,03 \cdot 0,044} \left[2 + \frac{0,037}{0,044}\right]} = 5658 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Напруження в середині корпусу в поздовжньому напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\sigma_{PФ,П,3} \approx \frac{1}{4} \sigma_{CP,П,3} = 3,6 \text{ МПа}.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця відносно зовнішнього діаметра в поперечному та поздовжньому напрямках відповідно:

$$\sigma_{PФ,П,3} \approx \frac{1}{4} \sigma_{CP,П,3} = 3,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{PФ,Д,3} = \sigma_{CP,П,3} = 14,3 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження:

$$[\sigma]_1 = \frac{\sigma_p}{n} = \frac{330}{2,2} = 150 \text{ МПа},$$

де $n = 2,2$ – коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності корпусу циліндра:

$$\sigma_{розр} = 139 \text{ МПа} \leq [\sigma]_1 = 150 \text{ МПа}.$$

де $\sigma_{розр} = 139 \text{ МПа}$ – максимальне розраховане напруження.

З таблиці 4.1 видно, що максимальне розраховане напруження 139,9 МПа менше допустимого, а отже, умова міцності виконується.

Остаточно приймаємо товщину стінки корпусу циліндра $S = 0,044 \text{ м}$.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо кришку циліндру.

Розрахунок оболонки кришки.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Оскільки конструктивно кришка циліндру подібна до еліптичного днища, то розраховуємо її як еліптичне днище.

Напруження в оболонці кришки, враховуючи вплив надрізу не обрамленого стовщенням лазу:

$$\sigma_{кр} = \frac{2PR_0}{S_e} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1,35}{0,06} = 36 \cdot 10^6 \text{ Па} = 36 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{кр} = 36 \text{ МПа} < [\sigma]_{кр} = 60 \text{ МПа}.$$

Оскільки умова міцності виконується та міцність оболонки кришки забезпечена, тоді остаточно приймаємо товщину стінки кришки $S_e = 0,06 \text{ м}$.

Розрахуємо напруження, що діють на трубчасту частину пустотілого вала лоцильного циліндра.

Допустиме напруження для трубчастої частини:

$$[\sigma]_{mp} = \frac{\sigma_{mp}}{n_{mp}} = \frac{205}{1,5} = 136 \text{ МПа};$$

$$[\sigma']_{mp} = \frac{\sigma'_{mp}}{n'_{mp}} = \frac{255}{1,1} = 232 \text{ МПа};$$

$$[\sigma']_{mp} = 232 \text{ МПа} < 2[\sigma]_{mp} = 2 \cdot 136 \text{ МПа}.$$

Номінальне напруження в поздовжньому напрямку:

$$\sigma_n = 2 \frac{\pi D_{np}^2}{\pi D_s S_e} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 3,39^2}{4}}{\pi \cdot 2 \cdot 0,04} = 57,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 57,5 \text{ МПа}.$$

Зменшення несучого поперечного перетину:

$$\gamma = \frac{\pi D_s}{\pi D_s - 6d_{mc}} = \frac{3,14 \cdot 2}{3,14 \cdot 2 - 6 \cdot 0,14} = 1,15.$$

Умова міцності:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma\sigma_n < [\sigma']_{mp}.$$

Маємо

$$\gamma\sigma_n = 1,15 \cdot 57,5 = 66 \text{ МПа} < [\sigma']_{mp} = 232 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Розрахуємо напруження, що діють на конічну частину пустотілого вала лощильного циліндра та товщину стінки вала.

Допустиме напруження для конічної частини:

$$[\sigma_1]_{кон} = \frac{\sigma_{кон}}{n_{кон}} = \frac{176}{2,0} = 88 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'_1]_{кон} = \frac{\sigma'_{кон}}{n'_{кон}} = \frac{226}{1,5} = 151 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'_1]_{кон} < 2[\sigma_1]_{кон};$$

$$\beta\left(\frac{r}{D_s}; \varphi\right) = \beta(0,1; 44^\circ) = 2,2.$$

Визначаємо товщину стінки:

$$S = D_s 2P \frac{\beta}{4[\sigma'_1]_{кон}} = 2 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{2,2}{4 \cdot 151 \cdot 10^6} = 0,012 \text{ м}.$$

$$S = 0,012 \text{ м} < S_e = 0,1 \text{ м};$$

$$S = D_s 2P \frac{1}{\cos \varphi} \cdot \frac{1}{(2[\sigma'_1]_{кон} - 2P)} = 2 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{\cos 44^\circ} \times$$

$$\times \left(\frac{1}{2 \cdot 151 \cdot 10^6 - 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6} \right) = 0,015 \text{ м};$$

$$S = 0,015 \text{ м} < S_{e1} = 0,1 \text{ м}.$$

Оскільки умова міцності виконується, тоді остаточно приймаємо товщину стінки трубчастої частини пустотілого вала $S_e = 0,04 \text{ м}$, конічної частини – $S_{e1} = 0,1 \text{ м}$.

Розрахуємо значення напружень, що діють на цапфи

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме напруження:

$$[\sigma'_1] = \frac{\sigma_1}{n_1} = \frac{176}{2,0} = 88 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'_1] = \frac{\sigma'_1}{n'_1} = \frac{226}{1,5} = 151 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'_1] = 88 \text{ МПа} < 2[\sigma'_1] = 151 \text{ МПа}.$$

Максимальне напруження по колу:

$$\sigma_y = \frac{2p(D_0^2 + D_1^2)}{D_0^2 - D_1^2} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot (0,67^2 + 0,46^2)}{0,67^2 - 0,46^2} = 4,45 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,45 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:

$$\sigma_y = 4,45 \text{ МПа} < [\sigma'_1] = 151 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується. Максимальне колове напруження складає $\sigma = 4,45 \text{ МПа}$.

Розрахуємо зварного з'єднання кришки з пустотілим валом.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Номінальне напруження в поздовжньому напрямку (випробування тиском):

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ном}} &= 2P \frac{\pi}{4} \frac{D_{\text{пр}}^2}{\pi(D_s - l)l} = 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot \frac{3,39^2}{3,14 \cdot (2 - 0,036) \cdot 0,036} = \\ &= 65 \cdot 10^6 \text{ Па} = 65 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Вплив зварного шва:

$$\frac{\sigma_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} = \frac{65}{0,85} = 76,5 \text{ МПа} < [\sigma'] = 151 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Розрахуємо геометричні параметри болтів для кріплення кришки та напруження, що діють на них.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Допустиме напруження:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma]_{кр} = \frac{\sigma_{кр}}{n_{кр}} = \frac{63,5}{1,8} = 353 \text{ МПа};$$

$$[\sigma']_{кр} = \frac{\sigma'_{кр}}{n'_{кр}} = \frac{700}{1,3} = 538 \text{ МПа}.$$

Фланці оброблені з усіх боків, тому $\varphi = 1$.

Навантаження болтів для кріплення кришки до корпусу:

$$F_1 = P \frac{\pi}{4} (D_{зовн}^2 - D_{пр}^2) = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (5,86^2 - 3,39^2) = 14356 \cdot 10^3 = 14356 \text{ кН}.$$

Навантаження болтів для кріплення кришки до пустотілого валу:

$$F_2 = P \frac{\pi}{4} (D_{пр}^2 - D_{вн}^2) = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (3,39^2 - 1,96^2) = 4807 \cdot 10^3 \text{ Н} = 4807 \text{ кН}.$$

Розрахуємо параметри болтів для кріплення кришки до корпусу циліндра.

Мінімальна гвинтова сила робоча:

$$F_{пр} = P \pi d_n 1,2 k_1 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 5,86 \cdot 1,2 \cdot 0,054 = 954 \cdot 10^3 \text{ Н} = 954 \text{ кН};$$

$$k_1 = 0,9 \cdot b_{нцвл} = 0,9 \cdot 0,06 = 0,054.$$

Мінімальна гвинтова сила під час попереднього навантаження:

$$F_{нн} = 10^6 \pi d_n k_0 k_n = 10^6 \cdot 3,14 \cdot 5,86 \cdot 0,36 = 6628 \cdot 10^3 \text{ Н} = 6628 \text{ кН};$$

$$k_0 k_n = P_0 b_{нцвл} = 6 \cdot 0,06 = 0,36 \frac{\text{Н}}{\text{М}}.$$

Сумарне навантаження:

$$F_{сн} = F_n + F_{пр} = 14356 + 954 = 15310 \text{ кН}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби в робочих умовах:

$$d_p = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4nF_{сн}}{\pi \varphi \sigma_{кр} n_{\phi}}} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 15310 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 635 \cdot 10^6 \cdot 160}} = 0,0217 \text{ м};$$

$$d_p = 0,0217 \text{ м} < d_{pv} = 0,0359 \text{ м}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при випробуванні тиском:

$$d'_p = \sqrt{\frac{4n'2F_{нн}}{\pi \varphi \sigma'_{кр} n_{\phi}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 15310 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 160}} = 0,0213 \text{ м}.$$

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідний внутрішній діаметр різьби при попередньому навантаженні:

$$d_p'' = \sqrt{\frac{4n'F_{nn}}{\pi\varphi\sigma'_{кр}n_{\sigma}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 6628 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 160}} = 0,0099 \text{ м};$$

$$d_p'' = 0,0099 \text{ м} < d_{p\sigma} = 0,0359 \text{ м}.$$

Умова міцності виконується.

Розрахуємо параметри для кріплення кришки до пустотілого вала.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Мінімальна гвинтова сила робоча:

$$F_{np1} = P\pi d_{n1} 1,2\kappa_{11} = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 1,96 \cdot 1,2 \cdot 0,072 = 426 \cdot 10^3 \text{ Н} = 426 \text{ кН}.$$

Мінімальна гвинтова сила під час попереднього навантаження:

$$F_{nn1} = 10^6 \pi d_{n1} k_0 k_1 = 10^6 \cdot 3,14 \cdot 1,96 \cdot 1,211 = 7457 \cdot 10^3 \text{ Н} = 7457 \text{ кН};$$

$$F'_{nn1} = 0,2F_{nn1} + 0,8\sqrt{F_{cn1}F_{nn1}} = 0,2 \cdot 7457 + 0,8 \cdot \sqrt{5233 \cdot 7457} = 6489 \text{ кН};$$

$$k_{11} = 1,3 \cdot b_{nвал} = 1,3 \cdot 0,055 = 0,072;$$

$$k_0 k_{n1} = P_0 \sqrt{\frac{b_{nвал}}{h_{nвал}}} = 0,2 \cdot \sqrt{\frac{0,055}{0,0015}} = 1,211 \frac{\text{Н}}{\text{М}}.$$

Сумарне навантаження:

$$F_{cn1} = F_{n1} + F_{np1} = 4807 + 426 = 5233 \text{ кН}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби в робочих умовах:

$$d_{p1} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4nF_{cn1}}{\pi\varphi\sigma_{вн різб}n_{\sigma 1}}} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 5233 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 635 \cdot 10^6 \cdot 52}} = 0,0221 \text{ м};$$

$$d_{p1} = 0,0221 \text{ м} < d_{p\sigma 1} = 0,0359 \text{ м}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при випробуванні тиском:

$$d'_{p1} = \sqrt{\frac{4n'2F'_{nn1}}{\pi\varphi\sigma'_{різб}n_{\sigma 1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 5233 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 52}} = 0,0218 \text{ м}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при попередньому навантаженні:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{p1}'' = \sqrt{\frac{4n'F'_{nn1}}{\pi\varphi\sigma'_{p1\phi}n_{\phi1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 6489 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 52}} = 0,0172 \text{ м};$$

$$d_{p1}'' = 0,0172 \text{ м} < d_{p\phi1} = 0,0359 \text{ м}.$$

Умова міцності виконується.

Отже, для кріплення кришки циліндра до його корпусу та пустотілого валу остаточно приймаємо болти М24 ГОСТ 7798-70.

Розрахуємо навантаження, що діють на кришку лазу.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Допустиме напруження:

$$[\sigma]_{кр.л} = \frac{\sigma_{кр.л}}{n_{кр.л}} = \frac{205}{1,5} = 136 \text{ МПа};$$

$$[\sigma']_{кр.л} = \frac{\sigma'_{кр.л}}{n'_{кр.л}} = \frac{255}{1,1} = 232 \text{ МПа}.$$

Необхідна товщина стінки:

$$S = cd_n \sqrt{\frac{2pn'}{\sigma'_{кр.л}}} = 0,35 \cdot 0,47 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1,1}{255 \cdot 10^6}} = 0,0137 \text{ м} < S_e = 0,03 \text{ м}.$$

Умова міцності виконується. Остаточно приймаємо товщину стінки кришки лазу $S_e = 0,03 \text{ м}$.

Розрахуємо навантаження, що діють на болти для кріплення кришки лазу.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

$$k_1 = 1,3 \cdot b_{n1вал} = 1,3 \cdot 0,03 = 0,039;$$

$$k_0 k_n = p_0 \sqrt{\frac{b_{n1вал}}{h_{n1вал}}} = 0,2 \cdot \sqrt{\frac{0,03}{0,002}} = 0,775 \frac{H}{м}.$$

Допустиме напруження:

$$[\sigma]_{\phi} = \frac{\sigma_{\phi}}{n_{\phi}} = \frac{412}{1,8} = 229 \text{ МПа};$$

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma']_{\delta} = \frac{\sigma'_{\delta}}{n'_{\delta}} = \frac{440}{1,3} = 338 \text{ МПа.}$$

Навантаження від тиску пари:

$$F_n = p \frac{\pi}{4} d_n^2 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 0,47^2 = 139 \cdot 10^3 \text{ Н} = 139 \text{ кН.}$$

Мінімальна гвинтова сила робоча:

$$F_{np} = p \pi d_n 1,2 k_1 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,039 = 55 \cdot 10^3 \text{ Н} = 55 \text{ кН.}$$

Мінімальна гвинтова сила під час попереднього навантаження:

$$F_{nn} = 10^6 \pi d_n k_0 k_n = 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,47 \cdot 0,775 = 1144 \cdot 10^3 \text{ Н} = 1144 \text{ кН};$$

$$F'_{nn} = 0,2 F_{nn} + 0,8 \sqrt{F_{cn} F_{nn}} = 0,2 \cdot 1144 + 0,8 \cdot \sqrt{194 \cdot 1144} = 606 \text{ кН.}$$

Сумарне навантаження:

$$F_{cn} = F_n + F_{np} = 139 + 55 = 194 \text{ кН.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби в робочих умовах:

$$d_p = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4 n F_{cn}}{\pi \phi \sigma_{\delta} n_{\delta}}} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 194 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 412 \cdot 10^6 \cdot 12}} = 0,0132 \text{ м.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при випробуванні тиском:

$$d'_p = \sqrt{\frac{4 n' 2 F_{cn}}{\pi \phi \sigma'_{\delta} n_{\delta}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 2 \cdot 191 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 440 \cdot 10^6 \cdot 12}} = 0,011 \text{ м.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при попередньому навантаженні:

$$d''_p = \sqrt{\frac{4 n' F'_{cn}}{\pi \phi \sigma'_{\delta} n_{\delta}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 606 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 440 \cdot 10^6 \cdot 12}} = 0,0138 \text{ м.}$$

Висновок: оскільки умова міцності виконується, тому для кріплення кришки лазу остаточно приймаємо болти М24 ГОСТ7798-70 у кількості 12 шт; товщину стінки кришки лазу $S_e = 0,03 \text{ м}$; товщину стінки трубчастої частини пустотілого вала $S_e = 0,04 \text{ м}$, конічної частини — $S_{e1} = 0,1 \text{ м}$, товщину стінки лопатильного циліндру $S_e = 0,0289 \text{ м}$.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Розрахунок паровпускної головки

Мета розрахунку: є визначення діаметра паропроводу паровпускної ГОЛОВКИ.

Ескіз паровпускної головки наведено на рисунку 4.3.

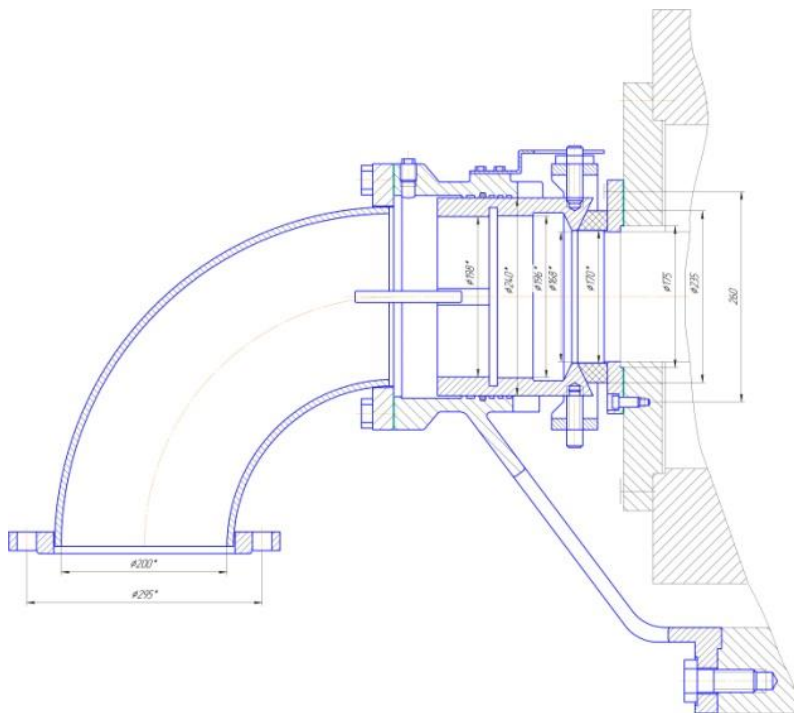


Рисунок 4.3 – Ескіз головки паровпускної

Вихідні дані:

Тиск пари P , МПа	0,8
---------------------	-----

Кількість тепла, що сприймається паперовим полотном:

на ділянці прогріву $Q_{np}, \text{кВт}$	1451,9
--	--------

на першій ділянці $Q_1, кВт$	2137,16
------------------------------	---------

на другій ділянці $Q_2, кВт$	3545,052
------------------------------	----------

Розрахунок діаметра паропроводу паровпускної головки проводиться за методикою, наведеною в [13].

В залежності від абсолютного тиску пари ($P' = 0,9 \text{ МПа}$) визначаємо питому теплоту пароутворення та питомий об'єм пари [10]:

$$r = 2280 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$V_{pn} = 0,219 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Загальна кількість тепла:

$$Q_{\Sigma} = Q_{np} + Q_1 + Q_2 = 1451,9 + 2137,16 + 3545,052 = 7134,112 \text{ кВт}.$$

Масова витрата пари:

$$G_n = \frac{Q_{\Sigma}}{r} = \frac{7134,112}{2280} = 3,13 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Діаметр паропроводу паровпускної головки визначається з рівняння витрат:

$$V = FW \tag{4,1}$$

де V – об'ємна витрата пари, $\text{м}^3/\text{с}$;

F – площа поперечного перерізу паропроводу паровпускної головки, м^2 ;

$W = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість пари [11].

З другої сторони:

$$V = G_n V_{pn} \tag{4,2}$$

Підставивши (4.1) в (4.2), отримаємо:

$$G_n V_{pn} = FW;$$

$$F = \frac{G_n V_{pn}}{W};$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{G_n V_{pn}}{W};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 G_n V_{pn}}{\pi W}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,06 \cdot 0,219}{3,14 \cdot 35}} = 0,165 \text{ м}.$$

Висновок: отже, для забезпечення нормальної роботи сушильної частини приймаємо остаточно діаметр паропроводу паровпускної головки $d = 0,17 \text{ м}$.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Розрахунок підшипників

Метою розрахунку є вибір підшипників та забезпечення необхідної довговічності підшипників.

Вихідні дані:

Загальна вага циліндра G, H	171675
Діаметр лоцильного циліндра $D, м$	6,0
Товщина стінки корпусу циліндра $S, м$	0,044
Довжина бочки циліндра $L, м$	4,8

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [24].

Згідно з рекомендаціями, наведеними в [25], вибираємо роликові радіальні сферичні дворядні підшипники серії діаметрів 1, серії ширини 3 31131/750, які мають наступні характеристики: $d = 750 мм$, $D = 1090 мм$, $B = 250 мм$, динамічна вантажопідйомність $C = 7000000 H$, статична вантажопідйомність $C_0 = 10100000 H$ [16].

Навантаження від ваги циліндра:

$$q_u = \frac{G}{L} = \frac{171675}{4,8} = 35766 \frac{H}{м}.$$

Навантаження від ваги конденсату:

$$q_k = 0,5 \frac{\pi}{4} (D - 2\delta)^2 \gamma = 0,5 \cdot \frac{\pi}{4} (6 - 2 \cdot 0,044)^2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 134647 \frac{H}{м}$$

де $\gamma = 9,81 \cdot 10^3 \frac{H}{м^3}$ - питома вага води.

Сумарне навантаження, розподілене по довжині бочки циліндра:

$$q = q_u + q_k = 35766 + 134647 = 170413 \frac{H}{м}.$$

Приведена сила:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$Q = qA = 170413 \cdot 5,65 = 962833,5 \text{ Н}.$$

де $A = 5,65 \text{ м}$ – відстань між підшипниками.

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{np} = \frac{Q}{2}(Xk_k + 0,1Y)k_Tk_\delta.$$

де X - коефіцієнт радіального навантаження, $X = 1$ [14];

Y - коефіцієнт осевого навантаження, $Y = 0$ [14];

k_k - коефіцієнт обертання, $k_k = 1$ [14];

k_T - температурний коефіцієнт, $k_T = 1$ [14];

k_δ - коефіцієнт безпеки, $k_\delta = 1,2$ [14].

Оскільки $Y = 0$, то рівняння набуде вигляду:

$$Q_{np} = \frac{Q}{2} Xk_k k_T k_\delta = \frac{962833,5}{2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 577700 \text{ Н}.$$

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q_{np}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{7000000}{577700} \right)^{\frac{10}{3}} = 4086 \text{ млн.обертів}.$$

Довговічність, год.:

$$L_h = \frac{L^0 \cdot 10^6}{60n_p} = \frac{4086 \cdot 10^6}{60 \cdot 63,7} = 1069073 \text{ год} > [L_h] = 500000 \text{ год}.$$

$$L \geq [L],$$

де $[L] = 500000 \text{ год}$ – допустима довговічність підшипника [16].

$$\text{Маємо } L = 1069073 \text{ год} > [L_h] = 500000 \text{ год}.$$

Умова виконується, тому довговічність підшипника забезпечена.

Висновок: остаточно обираємо роликові радіальні сферичні дворядні підшипники ГОСТ 5721-75 серії діаметрів 1, серії ширини 3 31131/750, які мають наступні характеристиками: $d = 750 \text{ мм}$, $D = 1090 \text{ мм}$, $B = 250 \text{ мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 7000000 \text{ Н}$, статична вантажопідйомність

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_0 = 10100000 \text{ Н} \text{ [16].}$$

4.5 Розрахунок потужності приводу

Мета розрахунку: є розрахунок потужності та вибір електродвигуна приводу.

Вихідні дані:

Швидкість машини $V, \frac{м}{с} \left(\frac{м}{хв} \right)$	16,67 (1000)
Діаметр цапфи $d_{ц}, м$	0,71
Час пуску $\tau_{пус}, с$	45
Діаметр лоцильного циліндра $D, м$	6
Ширина машини $B, м$	4,25
Внутрішній діаметр циліндра $D_{вн}, м$	5,838

Потужність приводу розраховуємо методом тягових зусиль, згідно [17].

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках:

$$T_1 = G f_1 \frac{d_{ц}}{D} = 171675 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,71}{6} = 2031,5 \text{ Н}.$$

де $G = 171675 \text{ Н}$ – вага циліндра;

$f_1 = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Зусилля тертя на подолання тертя шабера по поверхні лоцильного циліндру:

$$T_2 = q_{л} B f_2 \cdot 10^3 = 0,15 \cdot 4,2 \cdot 0,2 \cdot 10^3 = 126 \text{ Н}.$$

де $q_{л} = 0,14 \div 0,15 \frac{\kappa\text{Н}}{\text{м}}$ – лінійний тиск;

$f_2 = 0,2$ – коефіцієнт тертя для сушильної частини.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тягове зусилля на подолання тертя в торцевих ущільненнях:

$$T_3 = f_3 F_{\text{нор}} = 0,2 \cdot 9299,3 = 1860 \text{ Н}.$$

де $f_3 = 0,2$ – коефіцієнт тертя в торцевих ущільненнях;

$F_{\text{нор}}$ – нормальна сила, Н:

$$F_{\text{нор}} = \frac{P_{\text{пр}} \pi (d_{\text{зовн}}^2 - d_{\text{вн}}^2)}{4} = \frac{0,45 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot (0,235^2 - 0,17^2)}{4} = 9299,3 \text{ Н},$$

де $P_{\text{пр}} = 0,45 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – тиск притискання;

$d_{\text{зовн}} = 0,235 \text{ м}$ – зовнішній діаметр ущільнення;

$d_{\text{вн}} = 0,17 \text{ м}$ – внутрішній діаметр ущільнення.

Сумарне тягове зусилля:

$$T_c = T_1 + 2T_2 + T_3 = 2031,5 + 2 \cdot 126 + 1860 = 4143,5 \text{ Н}.$$

Потужність приводу:

$$N = \frac{T_c V k_m k_v}{60 \cdot 1000} = \frac{4143,5 \cdot 1000 \cdot 1,3 \cdot 1,16}{60 \cdot 1000} = 104,14 \text{ кВт},$$

де $k_m = 1,3$ – коефіцієнт перенавантаження;

$k_v = 1,16$ – коефіцієнт, що враховує залежність тягового зусилля від швидкості:

$$k_v = 1 + C_3 (V - 200) = 1 + 0,0002 \cdot (1000 - 200) = 1,16.$$

де $C_3 = 0,0002$ – коефіцієнт для сушильної частини ПРМ.

Потужність двигуна:

$$N_{\text{ов}} = \frac{N}{\eta} = \frac{104,14}{0,87} = 148,6 \text{ кВт},$$

де $\eta = 0,89$ – ККД приводу.

Розраховуємо пусковий коефіцієнт:

$$k_n = \frac{M_i + M_{\text{пр}}}{M_{\text{пр}}} = \frac{21194,44 + 6094,5}{6094,5} = 4,47,$$

де M_i – момент інерції, Н•м:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_i = I \frac{\omega}{\tau_{\text{пус}}} = 171675 \cdot \frac{5,55}{45} = 21194,44 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де I – статичний момент інерції, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$:

$$I = \frac{G(D^2 - D_{\text{вн}}^2)}{8} = \frac{171675 \cdot (6^2 - 5,838^2)}{8} = 41153,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

ω – кутова швидкість, с^{-1} ;

$$\omega = \frac{V}{60R} = \frac{1000}{60 \cdot 3} = 5,55 \text{ с}^{-1},$$

де $R = 3 \text{ м}$ – радіус лоцильного циліндра;

$M_{\text{тр}}$ – момент на подолання сил тертя, $\text{Н} \cdot \text{м}$:

$$M_{\text{тр}} = T_1 \frac{D}{2} = 2031,5 \cdot \frac{6}{2} = 6094,5 \text{ Нм}.$$

Визначаємо потужність двигуна в пусковий момент:

$$N_{\text{двн}} = \frac{Nk_n}{4} = \frac{104,14 \cdot 4,47}{4} = 116,38 \text{ кВт}.$$

Висновок: згідно з розрахунків обираємо електродвигун АИР280М4 ГОСТ 183-74 потужністю 132 кВт, частотою обертів 1500 об/хв.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності є однією з найважливіших задач держави. Основоположним законодавчим документом в цій галузі є Закон України "Про охорону праці".

Охорона праці повинна виявляти і вивчає можливі причини виробничих нещасні випадки, професійні захворювання, аварії, тощо. За результатами вивчення розробляється система заходів і потреб з ціллю усунення цих причин та створення безпечних для людини умов праці [18]. Тема магістерської дисертації «Удосконалення папероробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Модернізація сушильної частини папероробної машини (Комплексна)».

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці – одне з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці. Підвищення якості підготовки фахівців з вищезазначених питань – об'єктивна вимога часу.

Сучасний розвиток науки та техніки привносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, суттєво змінюючи технологічні процеси та використовувані матеріали, предмети та знаряддя праці. В свою чергу зміни технології та устаткування призводять до трансформації умов праці та трудового процесу в цілому. Тому при розробці нової техніки, необхідно провести науковий аналіз можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та розробити заходи і засоби, спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу робітників.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Робота оператора в цеху на целюлозно-паперовому виробництві відноситься до роботи з підвищеною небезпекою. Основними шкідливими факторами під час експлуатації ПРМ являються нижче приведені шкідливі та небезпечні фактори:

- запиленість приміщень паперовим пилом, який при підвищених концентраціях може призвести до вибуху.
- теплове випромінювання, пара, нагріта поверхня устаткування;
- небезпечна напруга електричного струму;
- обертові та рухомі машини і механізми;
- пожежна небезпечність.

5.2 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщенні є обертові частини сушильної частини ПРМ. Такими частинами вважаються лоцильний циліндр, сіткоповоротний, сітконатяжний та пресовий вали, електродвигуни, насосні установки. В таких частинах виникають невідновжені сили, котрі передаються будівельним конструкціям, викликаючи їх вібрацію.

Вібрації будівельних конструкцій є причиною шуму в суміжних приміщеннях. Тому розташування інженерного обладнання в приміщеннях вимагає вживання заходів щодо зниження вібрації будівельних конструкцій до величин, котрі забезпечують допустимий рівень шуму в приміщеннях.

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження вібрації будівельних конструкцій є зниження невідновжених сил, тобто динамічних навантажень, котрі створюються сушильною частиною.

Для запобігання вище сказаного були виконані такі роботи:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ретельне динамічне балансування обертових частин агрегатів;
- центрування муфтових з'єднань з електродвигуном;
- ліквідація перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійне закріплення рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів).

Ці заходи дозволили знизити вібрацію рухомих частин до рівня, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.039-99.

5.3 Боротьба з шумом

Приміщення, в якому розміщена сушильна частина ПРМ - закритого типу, а сама конструкція сушильної частини спричиняє постійний шум. Шум в приміщенні перевищує норми допустимі в ДСН 3.3.6.037-99.

Згідно норм ДСН 3.3.6.037-99 шум при роботі сушильної частини ПРМ не повинен перевищувати 80 дБА.

Для запобігання перевищення шуму вище встановленої норми над сушильною частиною встановлено звуковідбиваючі екрани.

З метою індивідуального захисту персоналу видаються:

- протишумові навушники ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87, що знижують рівень шуму до 22...28 дБА,;
- протишумові вкладиші „Беруші СТ-1” ТУУ 25513947.002-99, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА.

Ці заходи дозволили знизити рівень шуму до рівня, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Електробезпека

Приміщення, в якому розміщена сушильна частина ПРМ, має по ПУЕ II клас.

В приміщенні в якому розміщена сушильна частина ПРМ і для самої роботи машини використовується електромережа з ізольованою нейтраллю, в якій струм $U = 220/380$ В з частотою $f = 50$ Гц.

Для запобігання ураження електричним струмом виконано наступні заходи:

- надійно заізольовано елементи конструкції, що проводять електричний струм ($R_{iy} \geq 0,5$ МОм – опір ізоляції);
- кабелі укладено в «рукави»;
- встановлено сітчасті (розмір щілини – 0,015x0,015 м) огорожі струмоведучих частин на недосяжній висоті 3,0 м;
- встановлено електричне блокування на огорожі струмоведучих частин;
- встановлено орієнтацію в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи та таблички; знаки високої напруги; відповідне розташування і колір неізольованих струмоведучих частин і ізоляції; фарбування органів управління у відмінний від інших колір і світлова ізоляція);
- обслуговуючому персоналу видаються засоби захисту (діелектричні ковбики, рукавички, індикатори струму та напруги);
- в аварійному режимі використовується захисне заземлення.

Ці заходи проведені згідно ГОСТ 12.1.030 – 86.

5.5 Освітлення на робочих місцях

Для цеху висотою до 10 м, в якому знаходиться ПРМ, передбачено природне та штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходить точкові джерела світлу (лампи ДРЛ) та газорозрядні лампи денного освітлення типу ЛД, які мають

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

велику світлову віддачу, великий строк служби. У відповідності з нормами освітлення для даного устаткування та 4-го розряду зорових робіт нормоване значення освітлення $E_n = 200$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,8$ відповідно до ДБН2,5.28-2006.

Для освітлення використовуємо люмінесцентні лампи низького тиску:

- тип лампи ЛД 80;
- потужність 80 Вт;
- кількість 110 шт;
- світильники ПЗЛМ-Д-2х80-С.

Газорозрядні лампи високого тиску:

- тип лампи ДРЛ;
- кількість 10 шт;
- світильник РСП 05-250/Г03;
- потужність 250 Вт.

Лампи створюють світло, приблизне за яскравістю до природного. Для даного цеху також передбачено бокове освітлення (через світові отвори в стінах).

Загальна освітленість складає $E_f = 250$ лк та відповідає вимогам ДБН2,5.28-2006.

5.6 Вибухобезпека

Як відомо з рівняння роботи вибуху, при адіабатичному розширенні газу виникає потужність великої руйнівної сили. В цьому випадку страждають не тільки робітники, які обслуговують устаткування, але й ті, що знаходяться поблизу. Ковпак конвективного сушіння працює разом з лоцильним циліндром сушильної частини ПРМ, який працює під тиском до 0,8 МПа та є об'єктом реєстрації та контролю Держтехнагляду.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення безпечної праці використана система автоматичного регулювання тиску пари, що поступає в лоцильний циліндр та ковпак конвективного сушіння. Циліндр підлягає гідравлічному випробуванню при надлишковому тиску $P = (1,2 \dots 1,5)P_{\text{ном}}$.

5.7 Пожежна безпека(Надзвичайні ситуації)

На виробництві основним матеріалом є паперове полотно, температура займання якого дорівнює 380 - 400°C.

У відповідності до ОНТП 24-86, з врахуванням характеристик речовин з погляду пожежної небезпеки категорія приміщення В ОКТП24-86, клас захисту П-Па (ПУЕ).

При виникненні пожежі необхідно, не зволікаючи, вимкнути вентиляцію (як приточну, так і витяжну), а швидкість машини знизити до мінімальної. Зупинити машину слід по особливому розпорядженню.

Також при первинній пожежній небезпеці повинні бути здійсненні первинні заходи пожежегасіння. Первинні засоби пожежегасіння призначені для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) та пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо).

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент пофарбований у чорний колір.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлені у виробничому приміщенні. Такі бочки укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8 л.

Ящики для піску мають місткість 0,5, 1,0 та 3,0 м³ та укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини мають розмір 2х2 м.

Протипожежна безпека сушильної частини ПРМ відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

Для підвищення організації евакуації при пожежі, в спеціально відведених місцях, розміщено схеми евакуовиходів (рисунок 5.1).

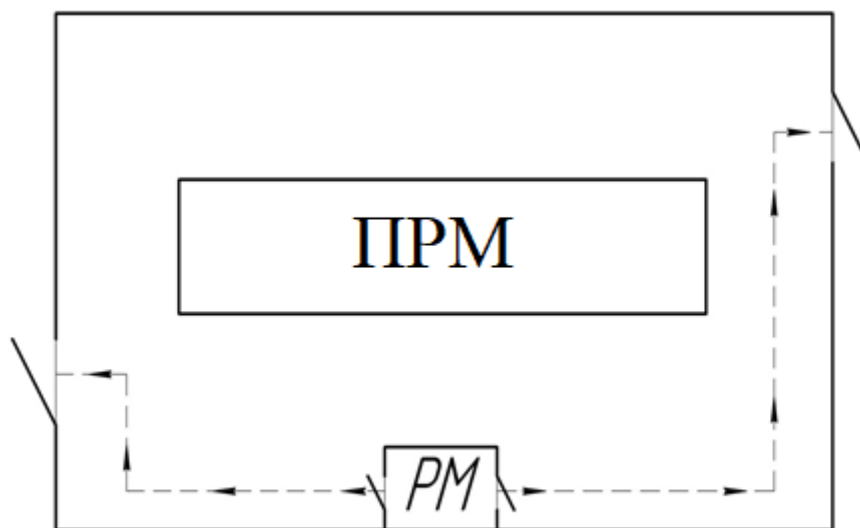


Рисунок 5.1 – План евакуації

Крім перерахованих заходів безпеки, обслуговуючий персонал перед роботою проходить інструктаж з техніки безпеки й правил технічної експлуатації. Також ведеться контроль за виконанням цих правил.

Розрахунок небезпечної ситуації:

Найменування НХР – форсген;

Маса НХР G, т – 75;

Обвалуваний;

Відстань до місця аварії R, км – 6;

Характеристика місцевості – відкрита;

Ступінь вертикальної стійкості повітря – ізотермія;

Швидкість вітру V, м/с – 3;

Забезпеченість протигазами, % – 80;

Визначення розмірів і площі ЗХЗ:

$\Gamma_{\text{табл}}=19$;

$K_{\text{обв}}=1,5$ – коефіцієнт обваловування;

$K_{\text{місц}}=1$ – коефіцієнт місцевості;

$K_{\text{в}}=0,55$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру;

Глибина:

$$\Gamma = \Gamma_{\text{табл}} \cdot \frac{K_{\text{в}}}{K_{\text{обв}} \cdot K_{\text{місц}}} = 6,96 \text{ м};$$

Ширина Ш = $0,35 \cdot \Gamma = 2,43$

Площа:

$$S = 0,5 \cdot \Gamma \cdot \text{Ш} = 0,5 \cdot 6,96 \cdot 2,43 = 25,36 \text{ м}^2;$$

Час підходу хмари зараженого повітря до цеху:

швидкість переміщення хмари W=18 км/год;

час підходу хмари:

$$t_{\text{підх}} = \frac{R}{W} = \frac{6}{18} = 0,33$$

Тривалість зараження цеху:

$t_{\text{ур.табл}} = 23$, с – час ураження;

$K_{\text{ш}}=0,54$ – коефіцієнт поправочний;

Час дії ураження:

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{ур}} = 23 \cdot 0,54 = 12,42 \text{ с;}$$

Можливі втрати серед робітників цеху:

Втрати в будівлях $Y_{\text{буд}}=14$;

Втрати поза будівлями (на відкритій місцевості) $Y_{\text{міст}}=25$

Висновки:

Цех потрапляє у ЗХЗ. Час руху людей із ЗХЗ:

$$t_{\text{рух}} = \frac{2,43}{80} = 0,03 \text{ хв;}$$

Доцільний спосіб захисту робітників цеху – евакуація. Проведення евакуаційних заходів при загрозі або під час НС дозволяє надійно захистити велику кількість населення.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

6.1 Підготовка сушильної частини до монтажу

Розігрів лощильного циліндра здійснювати повільно з його одночасним обертанням. Тальк при цьому стає м'яким і може бути при повільному обертанні лощильного циліндра легко знятим за допомогою з'ємного шаберу. При цьому лезо шаберу необхідно постійно чистити. Очисний шабер застосовується, коли потрібно зняти товстий шар талька. При використанні очисного шаберу включити пристрій переміщення. Після очищення поверхні циліндра остаточно відчистити усі деталі та вузли. Очищення виконується безпосередньо перед введенням в експлуатацію при готовому до роботи приводі та підключеному паропроводі. Перед введенням в експлуатацію відчистити лощильний циліндр з внутрішньої сторони.

До монтажу лощильний циліндр повинен зберігатися в сухому приміщенні без різких перепадів температур. При тривалому зберіганні циліндр ставлять на підшипники та зберігають його, повертаючи щодня на 90°. Переміщення циліндра по майданчику здійснюється з допомогою катків або спеціально виготовленими шляхами.

Монтаж лощильного циліндра здійснювати з допомогою мачт, домкратів та лебідок.[19]

Після установки лощильного циліндра виконувати монтаж всіх інших валів і сушильної частини в цілому.

6.2 Монтаж лощильного циліндра та ковпака конвективного сушіння

До комплекту поставки входять: ковпак конвективного сушіння; балки та стійки; механізм переміщення ковпака; містки обслуговування; запасні частини.

Каркаси секцій ковпака, соплові камери, повітроводи для підводу гарячого повітря та відводи пароповітряної суміші виконуються з жароміцної і

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кислостійкої сталі, механізм переміщення ковпака і містки обслуговування виконувати з вуглецевої сталі з антикорозійним лакофарбовим покриттям. Навколишньою обшивкою секцій ковпака має бути алюмінієвий гофрований лист. Теплоізоляція – мінеральна вата.

Монтаж ковпака конвективного сушіння необхідно проводити за технічною документацією та кресленнями заводу-виробника в наступній послідовності[19]:

- 1) монтаж несучих металоконструкцій та секцій ковпака;
- 2) монтаж механізму переміщення;
- 3) монтаж трубних і електричних проводок;
- 4) монтаж кінцевих вимикачів механізму переміщення ковпака.

Монтаж секцій та несучих металоконструкцій ковпака швидкого сушіння необхідно проводити в наступній послідовності:

- 1) на станину пресово-сушильної частини встановити опори;
- 2) на опори треба встановити з'єднані секції, при цьому треба витримати зазор між робочою поверхнею ковпака та циліндричною поверхнею лоцильного циліндра рівним 20 мм.

Одночасно треба провести монтаж містків обслуговування ковпака швидкого сушіння за кресленнями заводу-виробника. Встановити пневмодвигуни та провести монтаж механізму переміщення ковпака. Монтаж трубних та електричних проводок, монтаж кінцевих вимикачів механізму переміщення ковпака швидкого сушіння.

Після проведення монтажних робіт треба провести вивіряння ковпака конвективного сушіння за рекомендаціями заводу-виробника. Результати вивіряння необхідно занести в формуляр. Після цього треба перевірити роботу механізму переміщення ковпака конвективного сушіння. Переміщення ковпака має бути плавним, без ривків та ударів в момент пуску і зупинки. В процесі переміщення не повинно бути заїдань та заклинювань рухомих з'єднань. При цьому рекомендувати уважно стежити за рухом роликів відносно напрямних. Втрата повітря з пневмодвигунів неможлива.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтаж вентиляційного обладнання треба проводити за кресленнями заводу-виробника. При цьому всі прокладки в фланцевих з'єднаннях не повинні виступати в середину складаних вузлів. Вони повинні щільно прилягати по всій площині фланця та забезпечувати герметичність з'єднання.

В процесі експлуатації треба слідкувати за зазором між робочою поверхнею ковпака та циліндричною поверхнею лоцильного циліндра, рівним 20 мм.

6.3 Випробування лоцильного циліндра

Перше випробування на міцність та гідравлічне випробування лоцильного циліндра виконувати спеціалістами Держнагляду охорони праці.

Роботи з випробування виконувати місцевими органами на комбінаті в присутності інспектора технагляду.

Регулярні випробування, внутрішній контроль виконувати кожні чотири роки, гідравлічне випробування – кожні вісім років. Під час гідравлічних випробувань лоцильний циліндр не повинен бути встановлений на цапфах, щоб не виникла деформація та перенавантаження, а спиратися на корпус на рівні кришок симетрично приблизно на 20% довжини кола.

Лоцильний циліндр підлягає динамічному балансуванню в зібраному та встановленому на підшипниках кочення вигляді.

6.4 Введення в експлуатацію лоцильного циліндра

Розігрівання виконувати тільки під час обертання лоцильного циліндра. Це можливо виконувати на заправочній швидкості. Перешкоджати деформацію лоцильного циліндру повільним підвищенням температури, щоб матеріал поступово брав участь в тепловому розширенні. Підвищення температури не повинно перевищувати 2,5...3,5°C за годину. Протягом 2...3 годин поступово підвищувати тиск до робочого тиску. Після виходу на робочий режим лоцильний

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циліндр потребує більше 4...5 годин роботи на холостому ході.

Перегрівання пари не повинно бути вище температури насиченої пари більш як на 10°C. Підвищене перегрівання призводить до: нерівномірності температури в корпусі, неоднакового термічного розширення частин циліндру та нерівномірного сушіння паперу.

Випуск повітря з лощильного циліндру в процесі розігрівання здійснюється через пристрій випуску або через паровий сепаратор лощильного циліндру.

При зупинці закрити подачу пари, дати лощильному циліндру можливість обертатися далі на робочій швидкості не менше 30 хвилин, до повного опорожнення. Охолодження виконувати при заправочній швидкості до температури 60°C. Лише після зупинки лощильного циліндру можна відключити подачу змащуючих матеріалів.

Пуск в роботу за відсутності мастила, вимкнених системах змащування та охолодження забороняти.

6.5 Експлуатація лощильного циліндра

Перегріта пара повинна бути охолоджена в холодильнику гарячої пари чистим конденсатом до температури, яка приблизно на 50°C вища температури насиченої пари відповідного робочого тиску. Підвищене перегрівання веде до різниці температури між корпусом та кришками.

Різниця температури в матеріалі призводить до різних теплових розширень та внаслідок цього до теплових напружень, що негативно виявляється на приляганні притискних валів та шаберів до лощильного циліндру. Перегрівання не повинно перевищувати 10°C.

Також необхідно запобігати швидкому охолодженню циліндра. Охолодження водою або стисненим повітрям забороняється. Від цього виникає кільцеве напруження, яке може призводити до руйнування корпусу лощильного циліндра.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лощильний циліндр при зупинці папероробної машини повинен обертатися далі на невеликій швидкості. Якщо циліндр тривалий час не працював, перед введенням в експлуатацію необхідно провести контроль на строго концентричне обертання без радіального биття та за необхідності тривалий час обертати його в холодному стані для видалення деформацій.

Пристрій переміщення шаберу повинен працювати тільки під час обертання лощильного циліндра, оскільки при зупиненому циліндрі на його поверхні з'являються ризики. Під час зупинки циліндра шабер знімають.

Максимально припустима температура підшипників 65°C. Мاستило змінювати кожні 14 днів.

6.6 Усунення виробничих неполадок

При відсутності струму, забрудненні шаберу або ковпака конвективного сушіння негайно припинити подачу пари. Лощильний циліндр кожні 10 хвилин повинен бути прокручений на півоберта вручну за допомогою рычага.

При обриві паперового полотна перед лощильним циліндром негайно дроселювати подачу пари до циліндра та газу до повітрянагрівача для ковпака настільки, щоб температура поверхні лощильного циліндра підтримувалась на рівні температури пуску.

При перших ознаках виробничих несправностей та дефектності підшипників прийняти негайно міри по їх усуненню, до остаточної зупинки всієї машини.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація та уніфікація грають важливу роль в забезпеченні економії ресурсів та підвищенні ефективності виробництва. Стандартизація, уніфікуючи елементи технічних систем, тобто скорочуючи кількість їх типорозмірів, сприяє переходу виробництва з одиничного або малосерійного в крупносерійне або масове.

Під стандартизацією розуміється проведення обмеження доцільним мінімумом числа окремих типорозмірів. Під уніфікацією розуміють конструктивну тотожність деталей і вузлів у різних видах устаткування.

Якісною оцінкою даних понять служать рівень стандартизації й уніфікації, обумовлений як відношення числа позицій деталей і складальних одиниць, на які передбачений стандарт, до загального числа позицій одиниць, деталей і виробів у специфікації.

При розробці лощильного циліндру в даному проекті використана максимально можлива кількість стандартних, нормалізованих та уніфікованих деталей.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{355}{520} = 0,68,$$

де $N = 520$ – загальна кількість деталей,

$n_c = 355$ – кількість стандартних деталей

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_3}{n} = \frac{8}{35} = 0,23,$$

де $n_3 = 8$ – кількість уніфікованих вузлів,

$n = 35$ – кількість вузлів.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Економічна частина проекту

8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування

На Київському картонно-паперовому комбінаті (ККПК) в цеху з виготовлення санітарно-гігієнічного паперу встановлена сушильна частина ПРМ фірми “VOITH” з лощильним циліндром та ковпаком швидкого сушіння. Ця сушильна частина використовується в ЦПВ та призначена для сушіння санітарно-гігієнічних видів паперу, які мають невелику товщину. В технологічному ланцюгу вона стоїть після пресової частини перед накатом папероробної машини.

Оскільки в теперішній час значно зросли ціни на санітарно-гігієнічний папір та вимоги до якості цього паперу, виникла потреба в модернізації конструкції лощильного циліндра з метою збільшення продуктивності машини та підвищення кінцевої сухості паперового полотна.[20]

Тому в сучасних умовах перед сучасною целюлозно-паперовою промисловістю України ставиться завдання не тільки збільшення обсягів виробництва готової продукції, а й підвищення рівня її новизни, якості та конкурентоздатності шляхом вдосконалення існуючих конструкцій ПРМ.

У розробленій конструкції сушильної частини модернізовано конструкцію шляхом встановлення сифонів для видалення більшої кількості конденсату з лощильного циліндра, завдяки чому буде збільшуватись коефіцієнт тепловіддачі від пари до внутрішньої стінки циліндра.

Це дало змогу збільшити продуктивність машини на, підвищити кінцеву сухість паперового полотна, а також збільшити термін експлуатації робочих елементів, які при сушінні паперового полотна взаємодіють з лощильним циліндром.

Показники, що характеризують базову конструкцію та очікувані показники модернізованої машини зведені до таблиці 8.1.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 Основні техніко-економічні показники базової та вдосконаленої конструкції клеїльного пресу

Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування	
		Діюче, яке підлягає модернізації (базове)	Після модернізації (нове)
Продуктивність	т/рік	110	140
Обрізна ширина паперу	м	4,250	4,250
Потужність електродвигунів	кВт	475	475
Витрати гріючої пари	кг/с	3,13	3,13
Швидкість машини	м/хв	900	900
Маса 1 м ² паперу	г/м ²	28	28
Кінцева сухість паперу	%	92	96
Площа, яку займає клеїльний прес в цеху	м ²	126	126
Брак продукції	%	-	-23%

Науковий керівник:

к.т.н, ст. доц. каф. МАХНВ

О.О. Семінський

8.2 Розрахунок суми капітальних витрат

Вдосконалення конструкції діючого базового устаткування – сушильної частини ПРМ, здійснюється з метою збільшення відведення конденсату з лоцильного циліндра та зменшення витрат теплоти на сушіння. Разом з тим, модернізація діючого базового устаткування підприємства – це різновид зміни конструкції до найвищого та найсучаснішого рівня. Тобто, модернізація діючого базового устаткування підприємства означає внесення змін в його конструкцію з метою попередження його фізичного та морального зносу, а також підвищення його техніко-економічних параметрів.

В подальшому поняття «модернізація» вживається також і під терміном «удосконалення устаткування». Це пояснюється тим, що методичні підходи до розрахунків техніко-економічних показників є однаковими для обох вищевказаних видів робіт.

Економічно доцільно здійснювати роботу з удосконалення діючого базового устаткування, поєднуючи її з капітальним ремонтом. За результатами виробничої практики на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» встановлено, що модернізація устаткування хімічної, нафтопереробної та паперової галузей забезпечує збільшення його продуктивності на 10 – 20%, а понесені на неї витрати не перевищують половини вартості нових одиниць виробництва аналогічного призначення.

Капітальні витрати підприємства визначаються сумою витрат на розробку та виготовлення необхідних елементів устаткування або ж придбання його у компанії-виробника з включенням всіх витрат на придбання, встановлення та налагодження об'єкту. Придбання системи очищення внутрішньої оболонки валу в компанії-виробника є найбільш поширеним варіантом. Тому сума капітальних витрат в даному випадку складається з наступних елементів:

- витрати на проектно-конструкторські роботи по модернізації,
- витрати на технологічну підготовку проекту модернізації,

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– витрати на придбання та встановлення сифонів.

Розрахунок капітальних витрат починається з визначення витрат на проектно-конструкторські роботи. По кожному виду робіт, відповідно до ступеня їх новизни, складності об'єкту, що проектується, та з використанням норм часу на розробку конструкторської документації, визначаємо загальний нормативний час конструкторської підготовки виробництва із зазначенням професії та кваліфікації виконавця робіт.

Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки внесені до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки

Найменування конструкторської документації або видів робіт	К-сть листів	Групи*		Норми часу, год.		Кваліфікація виконавця
		Новизни	Складності	На одиницю	Всього	
Складальний кресленик сушильної частини ПРМ	A2x3	3	3	4	12	Інженер - проектувальник I категорії
Складальний кресленик лоцильного циліндра	A2x3	4	4	3	6	Інженер - проектувальник I категорії
Складальний кресленик Паровпускної головки	A0	4	4	3	6	Інженер - проектувальник I категорії

Продовження таблиці 8.2

Схема автоматизації сушильної частини ПРМ	A1	3	3	4	4	Інженер - проектувальник І категорії
Специфікація	8 A4	3	3	2	2	Інженер - проектувальник І категорії
Пояснювальна записка	177 A4	3	3	5	5	Інженер - проектувальник І категорії
Патентний пошук	15 A4	8	8	5	5	Інженер - проектувальник І категорії
Разом	A1x7 A4 – 200	28	28	28	40	-

* Групи новизни та складності визначаються за п'ятибальною шкалою, де 1 – група найменш нових креслеників, складність виконання – найнижча. 5 – група найновіших конструкцій та розроблених креслеників, складність виконання – найвища.

Результати розрахунку основної заробітної плати виконавців проектно-конструкторських робіт представлено у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 Заробітна плата виконавців проектно-конструкторських робіт

Найменування документів	Сумарна норма часу, год	Кваліфікація виконавців	Годинна тарифна ставка, грн	Заробітна плата, грн
Кресленик загального виду	12	Інженер - проектувальник I категорії	80	960
Складальний кресленик лоцильного циліндра	9	Інженер - проектувальник I категорії	80	720
Складальний кресленик паровпускної головки	7	Інженер - проектувальник I категорії	80	560
Креслення окремих деталей	4	Інженер - проектувальник I категорії	80	320
Пояснювальна записка	10	Інженер - проектувальник I категорії	80	800
Разом	42	-	80	3360
З урахуванням премії (15 % від тарифу)	-	-	92	3864

Окрім того, на здійснення проектно-конструкторських робіт будуть використані матеріали та інші накладні витрати, наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 Вартість матеріалів та інші витрати для проектно-конструкторських робіт

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн
Папір формату А4	упаковка	2	125	250
Ватман формату А1	шт.	7	15	105
Картридж до принтера	шт.	2	175	350
Олівець	шт.	6	5	30
Ручка	шт.	6	15	90
Разом витрати на матеріали	-	-	-	825
Накладні витрати (40% від основної зарплати)	-	-	-	1344
Загальна сума матеріальних та інших витрат	-	-	-	1960

Результати розрахунку витрат на проектно-конструкторські роботи зведені у таблицю 8.5.

Таблиця 8.5. Витрати на проектно-конструкторські роботи

Статті витрат	Сума, грн
Основна заробітна плата	3360
Додаткова заробітна плата (премія)	504
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	819,06
Вартість проектних матеріалів	825
Накладні витрати	1344
Разом	6852,06

Результати розрахунку трудомісткості на технологічну підготовку проекту модернізації внесені до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 Результати розрахунку трудомісткості технологічної підготовки проекту модернізації

Вид роботи	Групи складності	Кількість одиниць	Норми часу, год.		Кваліфікація виконавця
			На одиницю	Всього	
Проектування технологічного процесу вдосконалення клеїльного пресу					
Розробка технологічного процесу	5	1	12	12	Інженер - проектувальник I категорії
Проектування сифонів	5	1	8	8	Інженер-механік II категорії
Сумарна трудомісткість технологічної підготовки (t), год					20

Сума витрат на зарплату на технологічну підготовку проекту модернізації становить:

$$\text{КТП} = K_{\text{год}} \text{ТП} \cdot t(1 + \text{ЄСВ})(1 + \text{Пр}) = 80 \cdot 20 \cdot (1 + 0,22)(1 + 0,15) = 2244,8 \text{ грн},$$

де $K_{\text{год}} \text{ТП}$ – заробітна плата виконавця за годину, грн,

t – норма часу на виконання робіт, год,

ЄСВ – ставка єдиного соціального внеску на заробітну плату 22%,

Пр – премія, встановлена на підприємстві, 15%.

Також для здійснення підготовчих робіт використовуються матеріали та інші накладні витрати, вартість яких внесено до таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 Вартість матеріалів та інші витрати для технологічної підготовки

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн
Папір формату А4	упаковка	2	125	250
Ватман формату А1	шт.	1	15	15
Картридж до принтера	шт.	2	175	350
Разом витрати на матеріали	-	-	-	615
Накладні витрати (40% від основної зарплати)	-	-	-	896
Загальна сума матеріальних та інших витрат	-	-	-	1511

Результати розрахунку витрат на технологічну підготовку проекту модернізації зведені у таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 Витрати на технологічну підготовку проекту

Статті витрат	Сума, грн
Основна зарплата	2244,8
Додаткова зарплата (премія)	336
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ)	566,72
Вартість проектних матеріалів	615
Накладні витрати	896
Разом	4658,52

Сума витрат на придбання та встановлення додаткового обладнання складається із ціни виробника даного обладнання, витрат на його транспортування, монтаж і налагодження. Для даного проекту модернізації

необхідним є придбання сифонів у виробника компанії «Voith», Німеччина. Орієнтовна ціна даного обладнання з врахуванням витрат на доставку та курсу національної валюти (C_n) становить 60000 грн.

Витрати на монтаж та налагодження розраховуються у відсотках від ціни обладнання (15 – 25%), в даному варіанті витрати складуть 15% з врахуванням обсягів робіт:

$$K_{\text{дн}} = C_n \cdot k = 60000 \cdot 0,15 = 9000 \text{ грн},$$

де $K_{\text{дн}}$ – сума витрат на монтаж та налагодження,

C_n – вартість додаткового обладнання,

k – частка витрат на оплату робіт щодо монтажу та налагодження.

Таким чином, витрати на придбання та встановлення системи очищення внутрішньої оболонки гауч-валу складуть:

$$K = K_{\text{дн}} + C_n = 9000 + 60000 = 69000 \text{ грн}.$$

Загальна сума капітальних вкладень:

$$\begin{aligned} K_{\text{заг}} &= П + КТП + K = 6852,06 + 4658,52 + 69000 = \\ &= 80510,58 \text{ грн}, \end{aligned}$$

де $K_{\text{заг}}$ – загальна сума капітальних вкладень у проект модернізації, грн,

$П$ – витрати на проектно-конструкторські роботи (таблиця 8.5), грн,

$КТП$ – сума витрат на технологічну підготовку (таблиця 8.8), грн.

8.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження модернізації

Економічний ефект від проведення модернізації сушильної частини ПРМ буде отримано за рахунок:

- підвищення сухості паперового полотна після лоцильного циліндра ПРМ,
- збільшення продуктивності ПРМ,
- зменшення кількості браку

- підвищення сухості паперового полотна після лощильного циліндра та зменшення кількості бракованої продукції призводить до підвищення продуктивності ПРМ по абсолютно сухому паперу.

Приріст продуктивності ПРМ в результаті його модернізації складатиме:

$$\Delta П = П_{\text{н}} - П_{\text{б}} = 140 - 110 = 30 \frac{\text{тонн}}{\text{рік}},$$

де $\Delta П$ – приріст продуктивності за рік,

$П_{\text{б}}$, $П_{\text{н}}$ – річна продуктивність обладнання до та після модернізації відповідно.

Тоді, підприємство отримає додатковий прибуток від зростання продуктивності обладнання:

$$E_1 = \Delta П \cdot П_{\text{гп}} = 30 \cdot 1151 = 30530 \text{ грн.}$$

де E_1 – ефект від зростання продуктивності обладнання,

$П_{\text{гп}}$ – маржинальний прибуток від продажу за одиниці готової продукції, що дорівнює різниці ціни та змінних витрат на одиницю продукції, грн.

$$П_{\text{гп}} = Ц_{\text{г.п.}} - ЗВ = 50000 - 48849 = 1151 \text{ грн,}$$

де $Ц_{\text{г.п.}}$ – ціна за тонну готової продукції. Згідно із прас-листом продукції ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», 1 тонна паперу коштує 50000 грн.

$ЗВ$ – змінні витрати підприємства, до яких входить ціна на сировину, необхідну для виготовлення тонни готової продукції ($Ц_{\text{с}}$, грн) та оподаткована заробітна плата основних працівників ($ЗП_{\text{роб}}$, грн.).

$$ЗВ = Ц_{\text{с}} + ЗП_{\text{роб}} = 30000 + 15450 \cdot (1 + \text{ЄСВ}) = 48849 \text{ грн.}$$

Здійснення модернізації обладнання дозволить зменшити експлуатаційні витрати підприємства. Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування, складаються з наступних статей витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів,
- витрати на придбання та виготовлення запасних частин,

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витрати на оплату праці персоналу, що ремонтує устаткування,
- інші експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого базового устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням складає:

$$E_2 = q_{\text{баз}} \cdot \Phi_{\text{баз}} - q_{\text{нов}} \cdot \Phi_{\text{нов}} = 0,03 \cdot 2000000 - 0,02 \cdot 2080510,58 = 18389,79 \text{ грн},$$

де $q_{\text{баз}} = 0,03$ – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для базового устаткування клеїльного пресу КРМ, [20]

$q_{\text{нов}} = 0,02$ – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат для удосконаленого устаткування клеїльного пресу КРМ, [20]

$\Phi_{\text{баз}} = 2000000$ – первісна вартість базового устаткування, згідно із прас-листом компанії-виробника, млн. грн.,

$\Phi_{\text{нов}} = 2080510,58$ – первісна вартість удосконаленого устаткування, грн.

Таким чином, загальна сума додаткового річного прибутку підприємства за рахунок модернізації сушильної частини ПРМ складе:

$$\text{ЧП} = (E_1 + E_2)(1 - c_{\text{под}}) = (30530 + 18389,79)(1 - 0,18) = 45609,63 \text{ грн},$$

де ЧП – сума річного чистого прибутку, додатково отриманого підприємством після модернізації устаткування,

$c_{\text{под}}$ – ставка податку на прибуток, яка відповідно до Податкового кодексу України складає 18%.

8.4 Оцінка ефективності модернізації устаткування

Оцінка ефективності модернізації сушильної частини ПРМ здійснюється шляхом порівняння суми капітальних вкладень з отримуваним додатковим прибутком. Річний економічний ефект:

$$E_{\text{річ}} = \text{ЧП} - K_{\text{заг}} \cdot E_{\text{н}} = 45609,63 - 80510,58 \cdot 0,1 = 37558,57 \text{ грн,}$$

де $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень. Ця величина обернена нормативному терміну експлуатації устаткування:

$$E_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{10}$$

де $T = 10$ – нормативний термін експлуатації устаткування, років.

Також оцінка доцільності модернізації устаткування здійснюється за допомогою періоду окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\text{ЧП}} = \frac{80510,58}{45609,63} = 1,7 \text{ років}$$

де $T_{\text{ок}}$ – період окупності капітальних вкладень в модернізацію устаткування.

Середній період окупності аналогічних проектів складає 1 – 3 роки, тому запропонована модернізація сушильної частини ПРМ характеризується середнім періодом окупності.

Висновок: оскільки запропонована модернізація діючої на підприємстві базової сушильної частини ПРМ має задовільний період окупності та приносить додатковий прибуток то її впровадження на підприємстві є доцільним.

З метою вдосконалення сушіння паперового полотна пропонується придбати сифони в лощильний циліндр. Доставка, монтаж та перевірка забезпечення необхідних технологічних показників системи вакуум-очищення здійснюватиметься компанією-виробником.

В результаті модернізації сушильної частини підвищується продуктивність ПРМ по абсолютно сухому паперу та зростає показник сухості паперового полотна. Покращуються властивості паперу, що

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовляється на ПРМ Також до позитивного ефекту від модернізації відноситься покращення показників охорони праці та ергономіки обслуговуючого персоналу.

Висновки

В магістерській дисертації освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» на тему: «Вдосконалення папероробної машини ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Модернізація сушильної частини папероробної машини (Комплексна)» проведено модернізацію сушильної частини папероробної машини для виготовлення санітарно-гігієнічного паперу, яка полягає в заміні сифонів для більш ефективного відведення конденсату.

Модернізація дозволила:

- 1) підвищити продуктивність машини за рахунок відведення більшої кількості конденсату з лощильного циліндра;
- 2) підвищити теплопередачу до внутрішньої стінки циліндра;
- 3) підвищити кінцеву сухість паперового полотна.

Для підвищення якості продукції та полегшення обслуговування сушильної частини ПРМ розроблено схему автоматичного керування.

Магістерська дисертація містить:

- конструкції основних елементів сушильної частини ПРМ та висновки щодо патентоздатності розробленої конструкції, аналізуючи які виявлено, що розроблена конструкція є патенточистою по відношенню до розглянутих конструкцій;

- технологічні розрахунки, на базі яких визначено основні параметри та характеристики спроектованої сушильної частини;

- основні конструктивні розрахунки, в результаті яких підтверджено надійність та працездатність конструкції сушильної частини та її конструктивних елементів, а саме: лощильного циліндра, його корпусу, кришки, цапф, пустотілого валу, кришки лазу, а також паровпускної головки та приводу сушильної частини;

- складальні креслення сушильної частини ПРМ, циліндра лощильного, ковпака конвективного сушіння, головки паровпускної та шабера крепуючого.

Розроблено технологію виготовлення кришки підшипникового вузла і

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкцію кондуктора для свердлення отворів.

Спроектована сушильна частина ПРМ відповідає вимогам охорони праці та навколишнього середовища.

За період виконання дисертації подано заявку на корисну модель, опубліковано статтю в науковому журналі «Бізнес інформ» та дві тези доповідей на Всеукраїнських конференціях.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В магистерской диссертации образовательно-квалификационного уровня «магистр» на тему: «Усовершенствование бумагоделательной машины ЧАО «Киевский картонно-бумажный комбинат». Модернизация сушильной части бумагоделательной машины (Комплексная)» проведена модернизация сушильной части бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги, которая заключается в замене сифонов для более эффективного отвода конденсата.

Модернизация позволила:

- 1) повысить производительность машины за счет отвода большего количества конденсата с лощильного цилиндра;
- 2) підвищити теплопередачу до внутрішньої стінки циліндра;
- 3) повысить конечную сухость бумажного полотна.

Для повышения качества продукции и облегчения обслуживания сушильной части ПРМ разработана схема автоматического управления.

Магистерская диссертация содержит:

- существующие конструкции основных элементов сушильной части ПРМ и выводы относительно патентоспособности разработанной конструкции, анализируя которые обнаружено, что разработанная конструкция является патенточистой в отношении рассматриваемых конструкций;

- технологические расчеты, на базе которых определены основные параметры и характеристики спроектированной сушильной части;

- основные конструктивные расчеты, в результате которых подтверждена надежность и работоспособность конструкции сушильной части и его конструктивных элементов, а именно: лощильного цилиндра, его корпуса, крышки, цапф, полого вала, крышки лаза, а также паровпускной головки и привода сушильной части;

- сборочные чертежи сушильной части ПРМ, цилиндра лощильного,

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колпака конвективной сушки, головки паровпускной и шабера крепующего.

Разработана технология изготовления крышки подшипникового узла и конструкцию кондуктора для сверления отверстий.

Спроектированная сушильная часть ПРМ соответствует требованиям охраны труда и окружающей среды.

За период выполнения диссертации подана заявка на полезную модель, Опубликовано статья в научном журнале «Бизнес информ» и два тезиса докладов на Всеукраинской конференции.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the master's dissertation of the educational-qualification level "Master" on the theme: "Advancement of the papermaking machine of PJSC "Kyiv Cardboard and Paper Mill". Modernization of drying section of papermaking machine(Complex)", a modernization of drying section of papermaking machine for the production of sanitary-hygienic paper was carried out, which consists in replacing the siphons for more efficient removal of condensate.

Upgrading permitted:

1) to increase the productivity of the machine by removing more condensate from the propeller cylinder;

2) to increase the heat transfer to the inner wall of the cylinder;

3) increase the final dryness of the paper web.

To improve the quality of products and services to facilitate the drying of papermaking machines (PMM) the scheme of automatic control.

the master's dissertation includes:

- the design of the main elements of the drying part of PMM and conclusions on patentability of the designed construction of which it was revealed that the designed structure is noninfringing as to other structures;

- engineering calculations, which are based on the parameters and characteristics of the designed drying part;

- basic design calculations, which confirm the reliability and serviceability of drying part design and its structural elements, specially: smooth cylinder, the frame, caps, pins, hollow shaft, manhole covers and vapour internal head and the gear of the drying part;

- assembly drawings of drying part of PMM, smooth cylinder, convective drying cap, vapour internal head and scraper.

An engineering procedure for making the bearing unit cover and conductor construction for drilling holes were developed.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The drying part of PMM was designed in compliance with labour protection and environment.

During the period of the dissertation, an application for the utility model has been submitted, an article has been published in the journal "Business Inform" and two theses of reports at All-Ukrainian conferences.

					<i>ЛБ71.705441.001 ПЗ</i>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. В.С.Куров. Теория и конструкция машин и оборудования отрясли. Бумаго- и картоноделательные машины. Учеб пособие / Под ред.В.С.Курова,Н.Н.Кокушина. СПб. :Изд-во Политехн.ун-та, 2006, 588 с.

2. А.С. №1645326 (SU), МПК5 D21F5/02. Сушильный цилиндр/ С.Р. Меримсон, Е.С. Ставровский, А.В. Краснощеков (SU); Ивановский энергетический институт им. В.И. Ленина (SU). - Заявка №4672072/12, 04.04.89; Оpubл. 30.04.91. Бюл. №16.

3. Патент №2037595 (RU), МПК6 D21F5/02. Сушильный цилиндр бумагоделательной машины/ Клековкин В.С., Мирзоян Г.С., Калинин А.А. и др. (RU); Научно-производственное объединение бумагоделательной промышленности (RU). - Заявка №5006833/12, 01.07.91; Оpubл. 19.06.95. Бюл. №17.

4. Патент №2023099 (RU), МПК5 D21F5/02. Сушильный цилиндр бумагоделательной машины/ С.Р. Меримсон, Е.С. Ставровский, А.В. Краснощеков (RU); Ивановский государственный энергетический университет (RU). - Заявка №4933093/12, 05.05.91; Оpubл. 15.11.94. Бюл. №21.

5. А.С. №1498861 (SU), МПК4 D12F5/02. Сушильный цилиндр/ В.А. Бабинский, М.Л. Глезин, Ю.В. Яковлев и В.А. Кайманович (SU); Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский по проектированию оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности (SU). - Заявка №4301377/29-12, 31.08.87; Оpubл. 07.08.89. Бюл. №29.

6. Patent №3447247 (US), МПК4 D21F5/10 . METHOD AND EQUIPMENT FOR DRYING WEB MATERIAL / Robert A. Daane, Rockford , assignor to Beloit Corporation, Beloit - №691267,18.12.67; Оpubл. 3.06.69, №34-122

7. Patent №486874 (US), МПК4 D21F5/18. METHOD AND DEVICE FOR DRYING PAPER / Ensing, Donald, Eugene THE PROCTER AND GAMBLE COMPANY. - №25191, 2.03.93(US); Оpubл. 07.06.95

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Патент №75274 (UA), МПК6 D12F5/00. Сушильный цилиндр/ Зайцев Г.І.; - Заявка №20040806615, 09.08.2004; Опубл. 15.06.2006. Бюл. №3.

9. Patent №2732044 (Fr), МПК4 D21F5/18. APPARATUS FOR DRYING FIBROUS WEBS ON EXTERNAL DRUMS/ Marchal Paul, Lesas Claude. Lehervet Jean, KAYSERSBERG, - №9503220, 20.03.95(Fr); Опубл. 27.09.96

10. Чичаев А.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981.– 264 с.

11. Эйдли И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины / Эйдли И.Я. – М.: Лесная промышленность 1970.- 624 с.

12. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/ Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

13. ОСТ 26-08-2005-77. Метод теплотехнического расчета сушильной части бумаго-, картоноделательных и сушильных машин с применением ЭВМ.

14. В.А. Стадник. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: Метод. вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студ. машинобудівних спец. усіх форм навчання/ Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 108 с.

15. Биргер И.А.. Расчет на прочность деталей машин. Биргер И.А. и др. – М.: Машиностроение, 1962. – Т.3. – 488 с.

16. ГОСТ 5721-75. Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные. Типы и основные размеры.

17. Андреев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – М.: Машиностроение. 1979.

18. Жидецкий В. Ц. Практикум із охорони праці. Навч. посібн. / За ред. В. Ц. Жидецького – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

19. Кокушин Н.Н. Монтаж и ремонт целлюлозно-бумажного оборудования / Н.Н. Кокушин. – М.: Экология, 1991. – 209 с.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Задольский, А.М. Методичні вказівки для виконання економічної частини диплому спеціалістів / А.М. Задольский. Київ: КПІ, 2012 р. – 82 с.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технологія виготовлення кришки підшипникового вузла
сушильної частини ПРМ

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Метою даного розділу магістерської дисертації є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – кришки підшипникового вузла – і проектування оснастки для свердління отворів діаметром 26 мм.

В процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- розробка технології виготовлення деталі „ Кришка ”, що включає вибір заготовки, розрахунок припусків, вибір устаткування і інструментів для кожної операції, розрахунок режимів і сил різання і норм часу;

- проектування верстатного пристрою – кондуктора для свердління периферійних отворів.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А.1 Призначення , умови роботи деталі у вузлі апарату

Кришка є деталлю підшипникового вузла сушильної частини папероробної машини. Кришка сприймає осьове зусилля навантаження на підшипник. Деталь працює в складних умовах і є відповідальною, важконавантаженою і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі

Аналіз конструкції деталі на технологічність передбачає взаємопов'язане рішення конструкторських та технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці та якості виробу, максимальне зниження витрат часу на розробку, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт.

Матеріал деталі — сірий чавун СЧ25 ГОСТ 1412-85, забезпечує надійну експлуатацію виробу, характеризується достатньою текучістю та малою схильністю до утворення усадкових відхилень при виливанні. Конструкція деталі дозволяє отримати виліток з застосуванням високопродуктивного обладнання. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності процесу виготовлення кришки.

Сірий чавун добре піддається обробці різанням з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту.

В іншому деталь складається з простих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах.

Кришка підшипникового вузла являє собою деталь типу “кришка” з наскрізним центральним отвором. Аналіз конструкції деталі дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція деталі забезпечує вільний доступ робочого та вимірювального інструмента до обробляємих поверхонь;
- конструкція має високу жорсткість та допускає високі режими різання;
- особливу увагу викликає обробка отворів.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі технологічні вимоги встановлені в залежності від службового призначення виробу та визначаються ступенем точності деталі.

А.3 Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи.

Матеріал деталі має ливарні властивості, тому заготовку отримуємо виливанням. Деталь має ступінчасту і фігурну форми.

Для виготовлення заготовки, зображеної на рисунку А.1, вибираємо виливання в піщану форму, щоб уникнути можливості утворення відбіленого шару на поверхні заготовки [20].

Ливарну форму зробити з двох половинок. Рознімання - по площині діаметром 1315мм, що знаходиться на відстані 68мм від нижнього торця заготовки.

Повітря і гази виводяться з форми і рідкого металу через пори, а під час тверднення і охолодження металу гази з стрижнів виводяться через щілинні канали, що розташовані по роз'єму форми.

Щоб запобігти виникненню внутрішніх напружень і відбілювання виливок після виготовлення піддається відпалу.

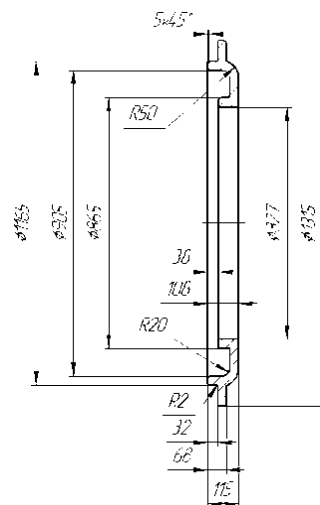


Рисунок А.1 – Ескіз заготовки кришки

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

А.4 Розробка операційного технологічного процесу виготовлення деталі

А.4.1 Визначення припусків на механічну обробку

А.4.1.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом на обробку отвору Ø832 Н8

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [21].

1 перехід – чорнове розточування(Н14).

2 перехід – чистове розточування (Н10).

3 перехід – тонке розточування (Н8).

Мінімальний припуск на чорноверозточування:

$$2z_{\min 1} = 2 \left[(R_z + h)_0 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \right] = 2 \left[900 + \sqrt{944^2 + 500^2} \right] = 3936 \text{ мкм},$$

де $(R_z + h)_0 = 900$ мкм – шорсткість і точність заготовки;

$\varepsilon_{y1}^2 = 500$ мкм – похибка встановлення заготовки на 1-му переході.

$\Delta_{\Sigma \text{заг}}$ - сумарне просторове відхилення для заготовки,

$\Delta_{\text{екс}} = 800$ мкм – відхилення від концентричності отвору[22];

Δ_{Π} – відхилення від перпендикулярності.

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\Pi}^2} = \sqrt{500^2 + 800^2 + 21^2} = 944 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{кор}} = 500$ мкм – короблення поверхні отвору заготовки [22].

$$\Delta_{\Pi} = \Delta_H L = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ мкм},$$

де $\Delta_H = 0,7$ мкм/мм – питома відхилення [22].

Мінімальний припуск на чистове розточування:

$$2z_{\min 2} = 2 \left[(R_{z1} + h)_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon_{y2}^2} \right] = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{57^2 + 0^2} \right] =$$

514 мкм,

де $R_{z1} = 100$ мкм - висота нерівностей профілю на чорновому розточуванні

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_1 = 100$ мкм – глибина дефектного шару на чорновому розточуванні;

$\Delta_{\Sigma 1}$ – сумарні просторові відхилення розміщення оброблюваної поверхні заготовки;

$\varepsilon_{y1}^2 = 0$ мкм – похибка встановлення заготовки на 2-му переході.

$$\Delta_{\Sigma 1} = k_{y2} \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,06 \cdot 944 = 57 \text{ мкм},$$

де $k_{y2} = 0,06$ – поправочний коефіцієнт [22];

$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = 944$ мкм - сумарне просторове відхилення для заготовки.

Мінімальний припуск на тонке розточування:

$$2z_{\min 3} = 2 \left[(R_{z2} + h)_2 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 2}^2 + \varepsilon_{y3}^2} \right] = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{38^2 + 0^2} \right] = 176 \text{ мкм},$$

де $R_{z2} = 25$ мкм – висота нерівностей профілю на чистовому розточуванні;

$h_1 = 25$ мкм – глибина дефектного шару на чистовому розточуванні;

$\Delta_{\Sigma 2}$ – сумарні просторові відхилення розміщення оброблюваної поверхні заготовки;

$\varepsilon_{y1}^2 = 0$ мкм – похибка встановлення заготовки на 3-му переході.

$$\Delta_{\Sigma 2} = k_{y3} \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,04 \cdot 944 = 38 \text{ мкм},$$

де $k_{y3} = 0,04$ – поправочний коефіцієнт [22];

$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = 944$ мкм - сумарне просторове відхилення для заготовки.

Визначаємо розрахунковий діаметр:

$$D_{\text{р тон}} = D + ES = 832 + 0,140 = 832,14 \text{ мм};$$

$$D_{\text{р чист}} = D_{\text{р тон}} - 2z_{\min \text{ тон}} = 832,14 - 0,176 = 831,964 \text{ мм};$$

$$D_{\text{р чорн}} = D_{\text{р чист}} - 2z_{\min \text{ чист}} = 831,964 - 0,913 = 831,051 \text{ мм};$$

$$D_{\text{р заг}} = D_{\text{р чорн}} - 2z_{\min \text{ чорн}} = 831,051 - 3,936 = 827,115 \text{ мм},$$

де ES – верхнє відхилення, мм [22].

Допуски T_i на обробку визначаємо за [26] та заносимо до таблиці А.1.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий мінімальний розмір визначаємо різницею максимального розрахункового розміру та величини допуску:

$$D_{\min \text{ тон}} = D_{\max \text{ тон}} - T_{\text{тон}} = 832,14 - 0,14 = 832 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{ чист}} = D_{\max \text{ чист}} - T_{\text{чист}} = 831,96 - 0,36 = 831,6 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{ чорн}} = D_{\max \text{ чорн}} - T_{\text{чорн}} = 831,05 - 2,5 = 828,55 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{ заг}} = D_{\max \text{ заг}} - T_{\text{заг}} = 827,12 - 6,3 = 820,82 \text{ мм}.$$

Максимальне значення припусків:

$$2z_{\max \text{ чорн}} = D_{\min \text{ чорн}} - D_{\min \text{ заг}} = 828,55 - 820,82 = 7,73 \text{ мм};$$

$$2z_{\max \text{ чист}} = D_{\min \text{ чист}} - D_{\min \text{ чорн}} = 831,6 - 828,55 = 3,05 \text{ мм};$$

$$2z_{\max \text{ тон}} = D_{\min \text{ тон}} - D_{\min \text{ чист}} = 832 - 831,6 = 0,4 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці А.1.

Взаємне розташування допусків та припусків на обробку зображене на рисунку А.2.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 – Розрахунок припусків на обробку отвору Ø32 Н8

Технол огічні переходи при обробці поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрах. прип. уск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. х.роз мір, D_p , м	опуск T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	z		Δ_Σ	ε_y				D_{\min}	D_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}
Заготов ка	0	90	44			27,1 15	300	20,82	27,1 2		
Чорнов е розточування Н14	00	00	7	00	936	31,0 51	500	28,55	31,0 5	,93	,73
Чистов е розточування Н10	5	5	8		13	31,9 64	60	31,6	31,9 6	,91	,05
Тонке розточування Н8					76	32,1 4	40	32	32,1 4	,18	,4
								$2Z_{\text{сум}}$,02	1,18

Перевірка: $T_{заг} - T_{мон} = 2z_{max} - 2z_{min}$;

$6300 - 140 = 6160$

$11180 - 5020 = 6160$

Маємо $6160 = 6160$.

$2Z_{1max} = 11661 \text{ мкм}$

$2Z_{1min} = 8371 \text{ мкм}$

$2Z_{2max} = 1629 \text{ мкм}$

$2Z_{2min} = 1435 \text{ мкм}$

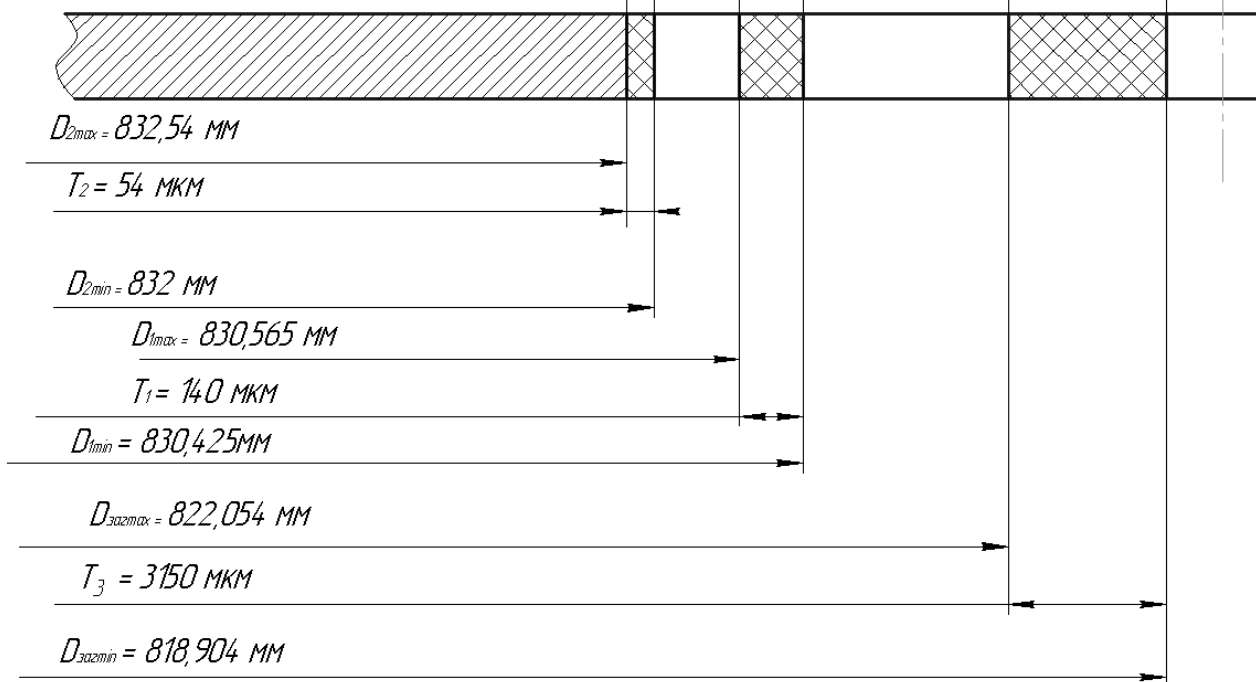


Рисунок А.2 – Схема розміщення припусків та допусків на обробку отвору Ø832 Н8

А.4.1.2 Визначення припусків аналоговим методом

Припуски та допуски на розміри виливка визначаємо за ГОСТ 26645-85.

Остаточні прийняті значення припусків на механічну обробку та відхилення розмірів виливка заносимо до таблиці А.2.

Таблиця А.2 - Визначення розмірів заготовки з допуском

Оброблюва на поверхня	Відхилення розмірів, мм	Припуск на розмір, мм	Розмір заготовки з допуском, мм
Ø 1310	+1,25	6,1	1317,5 ±5,0
Ø 1160	+1,05	5,8	1166,5 ±4,0
Ø 1100	+1,05	5,8	1093,5 ±4,0
Ø 900	+0,9	5,6	906,5 ±4,0
Ø 870	+0,9	5,6	863,5 ±4,0
Ø26	+0,21	13,1	—
Лінійні розміри			
110	+0,35	3,3	115 ±1,5
40	+0,25	3,2	47 ±1,2
36	+0,25	3,2	40,5 ±1,2
30	+0,21	2,1	37 ±1,2

Керуючись даними табл. А.2, рекомендаціями ГОСТ 3.1125-88, ГОСТ3212-92, призначаємо формувальні уклони і радіуси заокруглень.

А.4.2 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø 26

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною в [23].

Вихідні дані:

Оброблюваний матеріал – сірий чавун СЧ 25.

Устаткування – вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ моделі 1Р135Ф2.

Інструмент – свердло спіральне Ø26 мм з різальною частиною із швидкорізальної сталі Р6М5 (ГОСТ 4010-77).

Форма заточки свердла – Н (нормальна, 120°).

Глибина різання при свердлінні:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{26}{2} = 13 \text{ мм.}$$

З рекомендованого діапазону подачобираємо $S_0 = 0,3$ мм/об. Призначаємо період стійкості свердла $T = 45$ хв[26].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента

$$V = \frac{C_V D^{q_V}}{60 T^M t^{X_V} S^{Y_V}} k_v = \frac{9,8 \cdot 26^{0,4}}{60 \cdot 45^{0,2} \cdot 13^{0,3} \cdot 0,3^{0,5}} 0,44 = 0,2257 \text{ м/с (13,54 м/хв.)},$$

де для даних умов $C_V = 9,8$; $q_V = 0,4$; $X_V = 0$; $Y_V = 0,5$; $M = 0,2$;

$$k_v = k_{mv} k_{jv} k_{iv} = 0,44 \cdot 1 \cdot 1 = 0,44,$$

де $k_{mv} = 0,44$ – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу,

Розрахункова частота обертання шпинделя, яка допускається стійкістю свердла

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 13,54}{\pi \cdot 26} = 166 \text{ об/хв.}$$

На верстаті обираємо найменшу частоту обертання $n_\phi = 180$ об/хв.

Фактична швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 26 \cdot 180}{60 \cdot 1000} = 0,245 \text{ м/с (14,7 м/хв.)}.$$

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крутний момент та осьову силу визначаємо за формулами:

$$M = 10C_m D^{q_m} S^{Y_m} k_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 26^{2,0} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,68 = 60,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $k_p = 0,68$ - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки;

значення інших коефіцієнтів та показників ступеня вибираємо за [22]:

$$C_m = 0,0345; q_m = 2,0; Y_m = 0,8; C_p = 68; q_p = 1,0; Y_p = 0,7.$$

$$P_0 = 10C_p D^{q_p} S^{Y_p} k_p = 10 \cdot 68 \cdot 26^{1,0} \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,68 = 5175 \text{ Н},$$

Потужність різання:

$$N = \frac{M n_\phi}{9750} = \frac{60,5 \cdot 180}{9750} = 1,12 \text{ кВт},$$

що менше потужності на шпинделі верстата ($N_{\text{пр}} = 3,7 \text{ кВт}$).

Остаточно для свердління отворів Ø26 мм приймаємо:

$t = 13 \text{ мм}; S_0 = 0,3 \text{ мм/об}; S_{\text{хв}} = 54 \text{ мм/хв}; n_\phi = 180 \text{ об/хв}; V_\phi = 14,7 \text{ м/хв}; N = 1,2 \text{ кВт}.$

А.4.3 Розрахунок норми часу на свердління отворів Ø 26

Методика розрахунку викладена в [4].

Основний час

$$T_o = \frac{l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}}{S_{\text{хв}}} = \frac{30 + 9 + 0}{54} = 0,72 \text{ хв},$$

де $l = 30 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = 9 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$l_{\text{пер}} = 0$ – довжина перебігу інструмента.

Норму допоміжного часу T_d , що витрачається на дії верстатника, які забезпечують безпосереднє виконання основної технологічної роботи, визначаємо за [26] та заносимо до таблиці А.3.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.3 – Норми допоміжного часу

п/п	№ Найменування дії оператора	Норма часу, хв
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку вручну	0,2
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,4
Всього		0,69

Час на обслуговування робочого місця складає 5% від оперативного часу $T_{оп}$, хв.

$$T_{обс} = 0,05(T_o + T_d) = 0,05T_{оп}$$

Для одного отвору

$$T_{оп} = (T_o + T_d) = 0,72 + 0,69 = 1,41 \text{ хв.}$$

Для дванадцяти отворів

$$T'_{оп} = 1,41 \cdot 12 = 16,92 \text{ хв.}$$

$$T_{обс} = 0,05 \cdot 16,92 = 0,85 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу

$$T_{ш} = T'_{оп} + T_{обс} = 16,92 + 0,85 = 17,77 \text{ хв.}$$

А.4.4 Розрахунок розточування отвору Ø832 Н8

На токарно-карусельному верстаті 1516Ф1 розточити наскрізний отвір $d = 827$ мм до $D = 820$ мм на довжині $l = 30$ мм.

Матеріал заготовки – чавун СЧ25 ($\sigma_B = 300$ МПа).

Вибираємо токарний розточувальний різець для наскрізних отворів і встановлюємо його геометричні параметри.

Матеріал пластини – твердий сплав марки ВК8, матеріал хвостовика – сталь 45.переріз хвостовика 16×25 мм, довжина 200 мм.

Геометричні параметри:

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi = 75^\circ; \varphi_1 = 3^\circ; \alpha = 120^\circ; \beta = 15^\circ; \lambda = -3^\circ; \gamma = -5^\circ; r = 1 \text{ мм};$$

$$f = 0,25 \text{ мм}; R = 4 \text{ мм}; B = 2 \text{ мм}; h = 0,8 \text{ мм}.$$

Режим різання для розточування визначаємо з [4].

Глибина різання при зніманні припуску за 1 прохід:

$$f = \frac{D - d}{2} = \frac{832 - 827}{2} = 2,5 \text{ мм}.$$

Подача

$$S = (0,25 \dots 0,3)k_{\text{ДМ}} = (0,25 \dots 0,3) \cdot 0,75 = (0,19 \dots 0,23) \text{ мм/об},$$

де $k_{\text{ДМ}} = 0,75$ – поправочний коефіцієнт.

Подача за даними паспорту верстата $S = 0,21 \text{ мм/об}$.

Період стійкості різця $T = 60 \text{ хв}$. величина допустимого зносу різця по заданій поверхні $h_3 = 0,5 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями різця:

$$V = \frac{C_V}{T^M t^{X_V} S^{Y_V}} k_v = \frac{87,5}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,21^{0,2}} \cdot 2,96 = 136 \text{ м/хв},$$

де для даних умов: $C_V = 87,5$; $X_V = 0,15$; $Y_V = 0,2$; $M = 0,2$;

$$k_v = k_{dv} k_{mv} k_{Mv} k_{Vl} = 0,86 \cdot 1,78 \cdot 2,15 \cdot 0,9 = 2,96.$$

Визначаємо число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 136}{\pi \cdot 832} = 52 \text{ об/хв}.$$

З найближчих наявних на верстаті вибираємо $n_\phi = 60 \text{ об/хв}$.

Тоді фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{\pi \cdot 832 \cdot 60}{1000} = 156,7 \text{ м/хв}.$$

Потужність, яка витрачається на різання

$$N = \frac{P_z V_\phi}{60 \cdot 100} = \frac{355 \cdot 156,7}{60 \cdot 100} = 9,3 \text{ кВт},$$

де

$$P_z = C_{Pz} f^{X_{Pz}} S^{Y_{Pz}} V^m k_p g = 300 \cdot 1 \cdot 0,21^{0,75} \cdot 156,7^{-1,15} \cdot 0,82 \cdot 9,81 = 355.$$

де для даних умов обробки: $C_{PZ} = 300$; $f = 1$; $X_{PZ} = 1$; $Y_{PZ} = 0,75$; $m = 0,15$;

$$k_p = \left(\frac{\sigma_3}{750}\right)^{0,35} = \left(\frac{420}{750}\right)^{0,35} = 0,82.$$

Верстат має потужність приводу $N_{пр} = 30$ кВт.

$$N = 9,3 \text{ кВт} < N_{пр} = 30 \text{ кВт}.$$

Потужність приводу верстата достатня для даного режиму роботи.

Максимальний час:

$$T_M = \frac{Li}{nS} = \frac{(30 + 0,3 + 2) \cdot 1}{60 \cdot 0,21} = 2,6 \text{ хв},$$

де i – число проходів;

L - довжина прохідного різця, мм

$l_{пр} = 2$ мм – величина пробігу.

$$L = l + l_{вр} + l_{пр} = 30 + 0,3 + 2 = 32,3 \text{ мм},$$

де $l_{вр}$ – довжина врізання, мм.

$$l_{вр} = t \text{Ctg} \varphi = 1 \cdot 1,1 \cdot 0,27 = 0,3 \text{ мм}.$$

Допоміжний час, зв'язаний з переходом по нормативам, $T_b = 0,9$ хв.

Час на обслуговування робочого місця складає 5% від операційного часу:

$$T_{он} = T_M + T_b = 2,6 + 0,9 = 3,5 \text{ хв};$$

$$T_{об} = 0,05 T_{он} = 0,05 \cdot 3,5 = 0,17 \text{ хв}.$$

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_M + T_b + T_{об} = 2,6 + 0,9 + 0,17 = 3,67 \text{ хв}.$$

А.5 Опис конструкції та розрахунок кондуктора

Для свердління отворів $\varnothing 26$ мм у крищі технологічним процесом передбачений кондуктор, який зображено на рисунку А.3.

					ЛБ71.705441.00001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

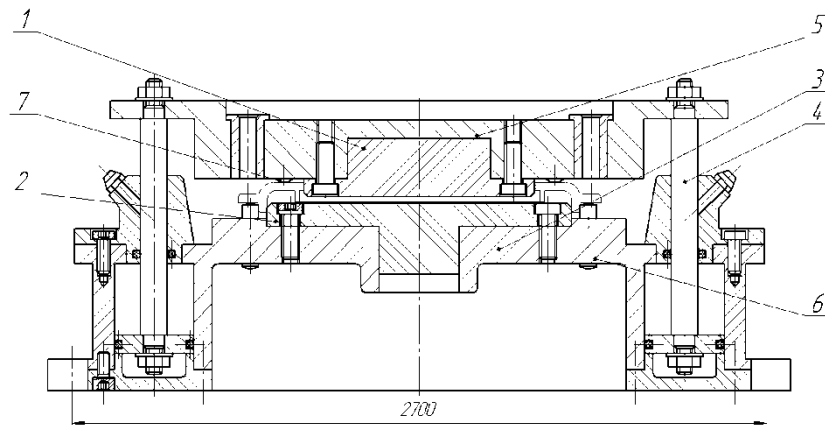


Рисунок А.3 – Кондуктор для свердління отворів Ø26

1,2 – пальці, 3 – корпус, 4 – пневмоциліндри, 5 – кондукторна плита, 6 – плунжери, 7 – опори.

Кришка попередньо центрується на пальці 2, а при опусканні кондукторної плити 5 за допомогою пневмоциліндрів 4 вирівнюється трьома опорними штирями 7 та остаточно центрується пальцем 1. Отвори свердлять зі сторони площини, прийнятої за установочну базу. Необхідно, щоб при затисканні оброблювана кришка не впиралася в корпус 3, а підтримувалася тільки плунжерами 6.

Схема сил, що діють у кондукторі при свердлінні отворів Ø26 мм, зображена на рисунку А.4.

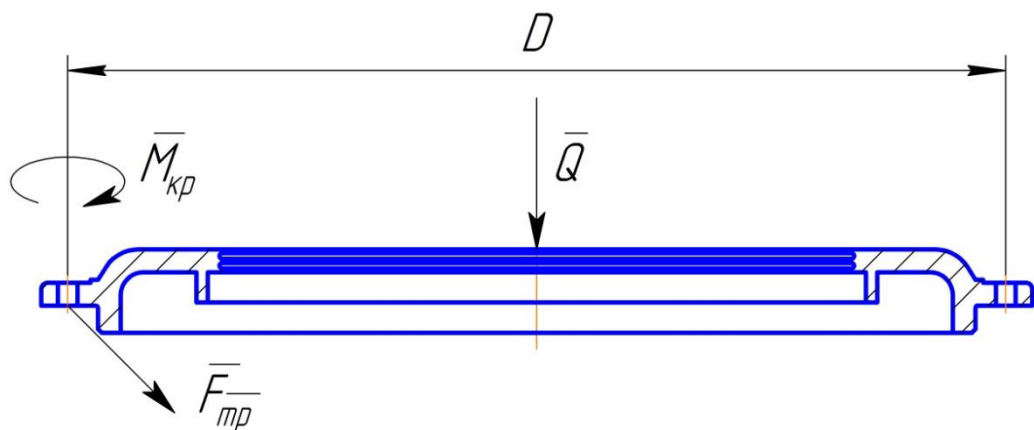


Рисунок А.4 – Схема сил що діють у кондукторі

Виникаюча сила різання створює момент, що прагне повернути заготовку навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя, створюваний силою затиску Q і осьовою силою P_0 .

Умова рівноваги:

$$(Q + P_o)fr = \frac{2M_{кр}}{d} kR.$$

Звідси зусилля затиску буде:

$$Q = \frac{2M_{кр}kR}{dfr} - P_o = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 60,5 \cdot 0,65}{0,026 \cdot 0,3 \cdot 1,31} - 5171 = 6374 \text{ Н},$$

де $k = 1,5$ — коефіцієнт запасу [22];

$M_{кр} = 60,5 \text{ Нм}$ — крутний момент, створюваний свердлом;

$R = 0,650 \text{ м}$ — відстань від осі свердла до осі деталі;

$P_o = 5175 \text{ Н}$ — осьова сила;

$d = 0,026 \text{ м}$ — діаметр свердла;

$f = 0,3$ — коефіцієнт тертя [22];

$r = 1,310 \text{ м}$ — загальна довжина поверхні тертя.

Зусилля різання (P') при свердлінні отворів $\varnothing 26 \text{ мм}$:

$$P' = 10C_p d^Z S^{Y_p} K_{M_p} = 10 \cdot 68 \cdot 26^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,75 = 5708 \text{ Н},$$

де $K_{M_p} = 0,75$, $C_p = 68$, $Z_p = 1$, $Y_p = 0,7$ — коефіцієнти,

Необхідною умовою для того, щоб деталь у процесі обробки залишалася нерухомою, є те, щоб зусилля, що розвивається циліндром, перевищувало зусилля, що виникає в процесі різання:

$$Q \geq P'.$$

Маємо $6374 \text{ Н} > 5708 \text{ Н}$.

Умова виконується.

Додаток Б

Автоматична система керування сушильною частиною ПРМ

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Автоматизація виробничих процесів є найважливішою задачею істотного підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, що випускається, чи збереження зменшення витрати енергії, збереження кількості обслуговуючого персоналу, поліпшення організації виробництва, підвищення надійності роботи.

Автоматизація дає можливість звільнити людину від особистої участі у виробництві, а функції керування технологічним процесом, механізмами, машинами передати автоматичним пристроям.

Успішне розв'язання всіх вище перерахованих задач досягається впровадженням у виробництво автоматичних систем регулювання й контролю.

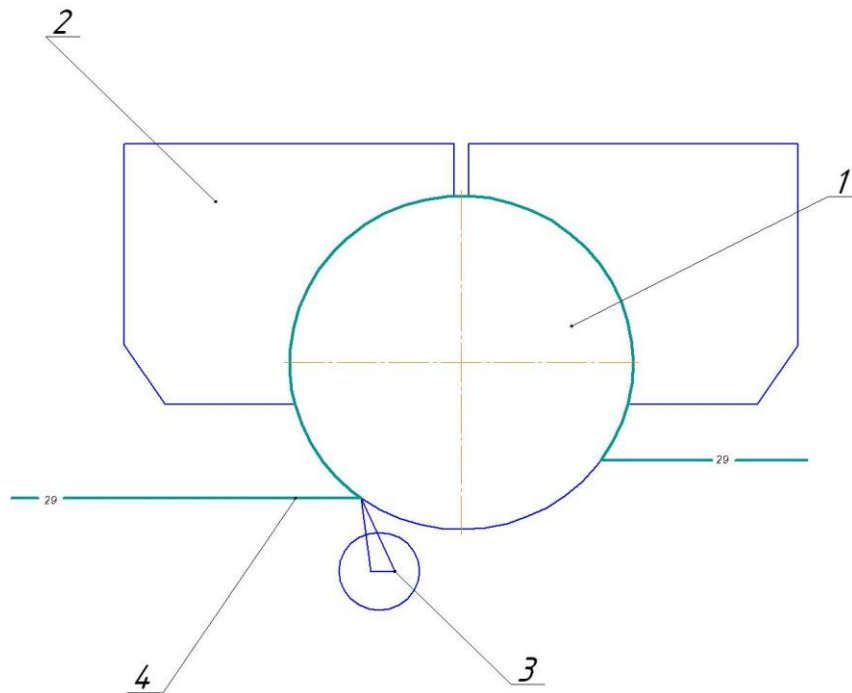
Система автоматичного керування процесу сушіння паперового полотна призначена для одержання якісного паперу при заданій продуктивності папероробної машини та мінімальній питомій витраті тепла.

В даній системі передбачено автоматичне регулювання подачі пари в лощильний циліндр з корекцією по вологості, автоматичне регулювання швидкості сушильної частини ПРМ, регулювання притискання шаберів до поверхні лощильного циліндру, а також контроль тиску в лощильному циліндрі та контроль температури повітря, що подається в ковпак конвективного сушіння.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Гордієнко			Автоматична система керування сушильною частиною ПРМ				Лім.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Колпаков										
Реценз.												
Н. Контр.												
Затверд.												
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ. МАХНВ							

Б.1 Опис технологічного процесу

Технологічну схему компоновання сушильної частина з лощильним циліндром зображено на рисунку Б.1.



1 – циліндр лощильний; 2 – ковпак конвективного сушіння; 3 – шабер для знімання паперового полотна; 4 – паперове полотно;

Рисунок Б.1 – Технологічна схема компоновання сушильної частини з лощильним циліндром

Сушильна частина папероробної машини (ПРМ) використовується для сушіння паперового полотна контактним-конвективним методом. Пара під тиском подається через паровпускний пристрій в лощильний циліндр 1, через стінку віддає тепло паперовому полотну 4 та конденсується, утворюючи на внутрішній стороні циліндра плівку конденсату у вигляді водяного кільця. Конденсат відводиться з лощильного циліндру за допомогою жолобчатого сифону через конденсатовідвідний пристрій.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для інтенсифікування процесу сушіння шляхом високотемпературного теплообміну над лощильним циліндром 1 встановлено ковпак конвективного сушіння 2, який піднімається та опускається за допомогою гідроциліндрів.

Паперове полотно 4 подається на лощильний циліндр 1 через вал з глухими отворами, а знімається за допомогою з'ємного шаберу 3 та через папероведучий вал поступає на каландр ПРМ.

Залишки паперового полотна вилучаються з поверхні лощильного циліндру очисним шабером. Очисний шабер використовують для відчистки поверхні лощильного циліндра після шліфування. Притискання лез шаберів здійснюється за допомогою тиску повітря в пневмоциліндрах.

В сушильній частині ПРМ автоматичне регулювання швидкості здійснюється за допомогою привода лощильного циліндра. Основним параметром для нормального сушіння паперового полотна є величина тиску пари, яка подається в лощильний циліндр, тому необхідно суворо дотримуватися необхідного значення тиску, а для цього використана система регулювання в залежності від вологості та маси 1 м² паперового полотна на виході з сушильної частини ПРМ.

					ЛБ71.705441.001	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Б.2 Аналіз технологічного процесу сушіння паперу як об'єкта автоматизації та формування задач автоматизації

На якість перебігу процесу (вихідного продукту) впливають:

- тиск пари, що подається в лощильний циліндр;
- швидкість сушильної частини ПРМ;
- тиск в середині лощильного циліндру;
- температура повітря, що подається в ковпак конвективного сушіння.

З перелічених вище параметрів визначено задачі автоматизації:

- 1) Регулювання тиску подачі пари в лощильний циліндр.
- 2) Регулювання швидкості сушильної частини ПРМ.
- 3) Регулювання притискання шаберів до поверхні лощильного циліндру.
- 4) Контроль тиску в середині лощильного циліндру.
- 5) Контроль температури повітря, що подається в ковпак конвективного сушіння.

Необхідний об'єм автоматизації виробництва, визначений на підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратурного оформлення технологічного процесу, подано у таблиці Б.2.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.2 – Необхідний об'єм автоматизації виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід	Тиск пари	0,5 – 0,8 Мпа	Контроль, сигналізація
2	Привод	Швидкість сушильної частини ПРМ	15 м/с	Контроль, регулювання, сигналізація
3	Пневмокамера	Сила притискання шабера до циліндру	0,32– 1,6 МПа	Контроль, регулювання
4	Біля паперового полотна	Кінцева вологість паперового полотна	2– 5 %	Контроль, регулювання
5	Ковпак конвективного сушіння	Температура повітря	400 – 500 °С	Контроль, сигналізація

Б.3. Опис розробленої схеми автоматизації

Автоматичне регулювання подачі пари в лощильний циліндр з корекцією по вологості

Подача гріючої пари в паровпускний пристрій здійснюється через регулюючий клапан з мембранним пневмоприводом та опозиціонером 2-5, який регулюється приладами, встановленими на щиті сушильної частини ПРМ. З первинного перетворювача вологоміра (ПТВ 056) – поз. 2-1 поступає сигнал на електронний блок вологоміра (ІРТВ 5215) – поз. 2-2 далі сигнал реєструється вторинним приладом-автоматичним міліамперметром (КСУ-2) – поз. 2-3, потім потрапляє на електронний регулятор (РП2-Т)– поз.2-4, який виробляє певний керуючий вплив, що коригує подачу пари, впливаючи на регулюючий клапан 2-5.

Автоматичне регулювання швидкості сушильної частини ПРМ

На валу електродвигуна встановлено первинний перетворювач електронного дистанційного тахометра типу К-1803 (Г-113) – поз.3-1. Сигнал з цього первинного перетворювача поступає на проміжний перетворювач (Р-1813) – поз.3-2, цей сигнал поступає на вторинний показу вальний і реєстру вальний прилад (РП-160) – поз.3-3 з функцією сигналізації. Показники передаються на регулятор мікропроцесорний (МІК-21) - поз.3-4, де порівнюється задана швидкість з фактичною, і у випадку необхідності автоматично коректується. Далі сигнал через трипозиційний підсилювач потужності (У24) - поз.3-5 передається на регулюючий привод, де збільшується або зменшується число обертів електродвигуна.

Регулювання притискання шаберів до поверхні лощильного циліндру

З пневмоциліндра з'ємного шабера пневматичний сигнал через тензоперетворювач тиску (Сапфір-22ДА 2050) – поз.5-1 подається на електро-пневматичний перетворювач (ПЕП-95) – поз. 5-2. Сигнал з перетворювача поступає на пневматичний вторинний показу вальний і

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реєстру вальний прилад зі станцією керування (ФК 0071) – поз.5-3. За допомогою пневматичного пропорційно-інтегрального регулятора (ФР0091) – поз. 5-4 через пневматичний виконавчий механізм прямої дії з опозиціонером і боковим дублером (МИМП ППХ 05) - поз.5-5 регулюється подача повітря в пневмоциліндр приводу шабера, а відповідно і регулюється притискання з'ємного шабера до поверхні лощильного циліндру.

Регулювання тиску в пневмоциліндрах крепуючого та відчисного шаберу відбувається аналогічно регулюванню тиску в пневмоциліндрі приводу з'ємного шабера.

Контроль температури повітря, що подається в ковпак

Температура повітря, що подається в ковпак конвективного сушіння, контролюється термоперетворювачем опору з уніфікованим вихідним сигналом (ТСПУ- 0288) - поз. 4-1, сигнал від якого потрапляє на автоматичний вторинний прилад (ДИСК-250) - поз. 4-2 розташований на щиті, що показує та реєструє значення температури, а також здійснює сигналізацію.

Контроль тиску в середині лощильного циліндру

Тиск в циліндрі контролюється тензоперетворювачем тиску (Сапфір-22ДА 2050) - поз. 1-1, сигнал від якого потрапляє на автоматичний вторинний прилад (ДИСК-250) - поз. 1-2, який забезпечує показ, реєстрацію та сигналізацію. В схемі автоматизації використовуємо мікропроцесорний контролер.

Специфікації наведені в таблиці Б.3

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.3 Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище місце відбору інформації	Граничне значення пар.	Місце монтажу	Назва та характеристики	Тип моделі	Кільк.	Завод виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устаткування та прилади								
1-1	Тиск	Трубопровод № 2	0,8 МПа	По місцю	Тензоперетворювач тиску, верхня границя вимірювання 1,6 МПа, вихідний сигнал 4...20 мА	Сапфір-22ДА 2050	2	ВАТ “Промприлад”, м.Івано-Франківськ
5-1	Тиск	Трубопровод №3	0,32 МПа	По місцю				
1-2	Тиск	---	---	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА	ДИСК 250	1	ООО «Промприбор» м. Харків
5-2	Тиск	---	---	По місцю	Перетворювач електропневматичний, $I_{вх}=0-5$ мА; $P_{вих}=20-100$ кПа; $P_{хивл}=0.25$ МПа	ПЕП-95	1	НВП „Мікротерм”, м. Сіверськ-кодонецьк
5-3	Тиск	---	---	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний реєструвальний зі станцією керування; $P_{вх}=20-100$ кПа	ФК 0071	1	ЧП «ПРОМ-ТЕХСЕРВІС» м. Українка
5-4	Тиск	---	---	Щит керування	Регулятор пневматичний пропорційноінтегральний, $P_{вих}=20-100$ кПа.	ФР 0091	1	ЧП «ПРОМ-ТЕХСЕРВІС» м. Українка

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-1	Темпе- ратура	Перед ко- впаком конвек- тивного сушіння, повітря	400 °C	Перед ко- впа- ком кон- век- тивного сушіння	Термопере- творювач опору з уніфі- кованим вихі- дним сигна- лом, НСХ 100П, діапа- зон вимірю- вання 200...600 °C, довжина мон- тажної части- ни 120 мм; $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20$ мА	ТСПУ- 0288	1	НВО «Електро- термія», м. Луцьк
4-2	Темпе- ратура	---	---	Щит керування	Автоматич- ний показува- льний і реєст- рувальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ пер- етворювачів: термоелект- ричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М.	ДИСК- 250	1	НВО «Електро- термія», м. Луцьк
3-1	Частота обер- тання	На валу	1500 об/хв	На валу	Первинний перетворювач електронного дистанційного тахометра	Г-113	1	ДП «Харківсь- кий елект- ромехані- чний за- вод», м.Харків
3-2	Частота обер- тання	---	---	По місцю	Проміжний перетворювач електронного дистанційного тахометра	Р-1813	1	ДП «Харківсь- кий елект- ромехані- чний за- вод», м.Харків

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-3	Частота обертання	---	---	Щит керування	Вторинний показувальний і реєструвальний, сигналізуючий прилад	РП-160	1	АТ «Львівприлад», м. Львів
3-4	Частота обертання	---	---	Щит керування	Мікропроцесорний регулятор	МІК-2	1	ООО «Мікрол» м. Івано-Франківськ
3-5	Частота обертання	---	---	По місцю	Трипозиційний підсилювач потужності для керування трифазним електроприводом	У24	1	ООО «Мікрол» м. Івано-Франківськ
2-1	Вологість	Паперове полотно	2%	Вихід паперу із сушильної частини	Первинний перетворювач вологоміра	ПТВ 056	1	ООО «ТД ТЕК Україна» м. Київ
2-2	Вологість	---	---	По місцю	Електр. блок вологоміра, $I_{\text{вих}}=0\ldots 5 \text{ мА}$	ІРТВ 5215	1	ООО «ТД ТЕК Україна» м. Київ
2-3	Вологість	---	---	Щит керування	Автоматичний міліамперметр	КСУ-2	1	Луцький приладобудівний з-д, м. Луцьк
2-4	---	---	---	Щит керування	Електронний регулятор, $I_{\text{вих}}=0\ldots 5 \text{ мА}$	РП2-Т	1	«Інвейв» м. Київ

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-5	---	---	---	Трубоп- ровід №2	Механізм ви- конавчий елек- тричний одно- оборотний ти- пу МЄО	МЄО 16/10- 0,25-82	1	ООО «Спецав- томатика» м. Харків
5-5	---	---	---	Трубоп- ровід №3	Механізм ви- конавчий пне- вматичний прямої дії з опозиціонером ПП-1,25 і боко- вим дублером; $P_{\text{хивл}}=0.25 \text{ МПа}$	МИМП ППХ 05	1	ВАТ «Прикар- патпрома- рматура», м. Івано- Фран- ківськ

Електроапарати

HL1 HL2 HL3	Сигна- лізація пуску двигу- нів грани- чних, техніч- них пара- метрів	---	---	Щит керуван- ня	Лампа елек- трична сиг- нальна	ЛС-47- 1	3	«ІЕК Украї- на», м. Київ
-------------------	---	-----	-----	-----------------------	--------------------------------------	-------------	---	-----------------------------

Додаток В

Патентний пошук

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регламент пошуку № ЛБ71.03РП

Найменування теми: Сушильна частина папероробної машини.

Шифр теми: ЛБ71.705441.001

Етапи: Проектування сушильної частини та її складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень: ЛБ71.03
01.10.2018.

Обґрунтування регламенту пошуку. Предмет пошуку – 1) лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ, 2) ковпак конвективного сушіння. Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо сушильної частини ПРМ (визначення патентоспроможності проектованої установки й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці). Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: СРСР, Російська Федерація, Україна.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1998-2018.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК4, МПК5, МПК6 – D21F5/00; D21F5/02; D21F5/10.

Джерела інформації: 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Госпатенту СРСР; 2) Науково-технічна інформація: підручники та навчальні посібники з курсу процесів і апаратів хімічної технології.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма Б1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Лощильний циліндр сушильної частини ПРМ	Визначення патентоспроможності проектного апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці	СРСР, Російська Федерація, Україна, США	МПК4, МПК5, МПК6 – D21F5/00; D21F5/02;	1988-2007	1)Оборудование целлюлозно-бумажного производства.В 2-х томах. Т.2. Бумагоделательные машины/В.А. Чичаев, М.Л. Глезин и др. - М.: Лесная пром-сть, 1981. – 264 с. 2) Эйшлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд.3-е, испр. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.
Ковпак конвективного сушіння					

Довідка про пошук № ЛБ71.03ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛБ71.03, 01.10.2018.

Етап: Проектування сушильної частини та її складових частин.

Номер, дата видачі завдання на проведення патентних досліджень ЛБ71.03
01.10.2018.

Номер, дата регламенту пошуку ЛБ71.03РП 01.10.2018.

Початок пошуку 01.10.2018 закінчення пошуку 10.10.2018.

					ЛБ71.705441.001 ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Г.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	СРСР, Російська Федерація, Україна, США	МПК4, МПК5, МПК6 – D21F5/00 ; D21F5/02 ;	Фонд НТУУ "КПІ"; Державний патентний фонд	Описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Госпатенту СРСР	1)Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т.2. Бумагоделательные машины/В.А. Чичаев, М.Л. Глезин и др. - М.: Лесная пром-сть, 1981. - 264 с.
Ковпак конвективного сушіння					2) Эйшлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд.3-е, испр. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його основні частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їх дії
1	2	3
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	А.С. №1645326 (SU), МПК5 D21F5/02. Сушильный цилиндр/ С.Р. Меримсон, Е.С. Ставровский, А.В. Краснощеков (SU); Ивановский энергетический институт им. В.И. Ленина (SU). - Заявка №4672072/12, 04.04.89; Оpubл. 30.04.91. Бюл. №16	Діє
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	Патент №2037595 (RU), МПК6 D21F5/02. Сушильный цилиндр бумагоделательной машины/ Клековкин В.С., Мирзоян Г.С., Калинин А.А. и др. (RU); Научно-производственное объединение бумагоделательной промышленности (RU). - Заявка №5006833/12, 01.07.91; Оpubл. 19.06.95. Бюл. №17	Діє
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	Патент №2023099 (RU), МПК5 D21F5/02. Сушильный цилиндр бумагоделательной машины/ С.Р. Меримсон, Е.С. Ставровский, А.В. Краснощеков (RU); Ивановский государственный энергетический университет (RU). - Заявка №4933093/12, 05.05.91; Оpubл. 15.11.94. Бюл. №21	Діє
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	А.С. №1498861 (SU), МПК4 D12F5/02. Сушильный цилиндр/ В.А. Бабинский, М.Л. Глезин, Ю.В. Яковлев и В.А. Кайманович (SU); Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский по проектированию оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности (SU). - Заявка №4301377/29-12, 31.08.87; Оpubл. 07.08.89. Бюл. №29	Діє
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	Патент №75274 (UA), МПК6 D12F5/00. Сушильный цилиндр/ Зайцев Г.І.; - Заявка №20040806615, 09.08.2004; Оpubл. 15.06.2006. Бюл. №3	Діє

Продовження табл. А.3

1	2	3
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	А.С. №1645328 (SU), МПК5 D12F5/02. Сушильный цилиндр бумагоделательной машины/ А.В. Карпов, Б.П. Исаев, С.В. Богданов и др. (SU); Центральный научно-исследовательский институт бумаги (SU). - Заявка №4681995/12, 24.04.89; Оpubл. 30.04.91. Бюл. №16	Діє
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	А.С. 1784702 (SU), МПК5 D12F5/02. Сушильный цилиндр/ А.А. Точигин, А.Л. Никитин, А.В. Шалдин и П.И. Попов (SU); Ивановский энергетический институт им. В.И. Ленина и Ивановский научно-исследовательский институт хлопчатобумажной промышленности (SU). - Заявка №4912856/12, 20.02.91; Оpubл. 30.12.92. Бюл. №48	Діє
Ковпак конвектив- ного сушіння	Patent №3503139 (US), МПК4 D21F5/02. APPARATUS FOR DRYING FIBROUS WEBS ON EXTERNAL DRUMS/ Ralph P. Mahoney, Beloit, - №712260, 11.03.68(US); Оpubл. 31.03.70	Не діє
Ковпак конвектив- ного сушіння	Patent №5383288 (US), МПК4 D21F5/02. METHOD AND DEVICE FOR DRYING PAPER / Antti Ilmarinen, Jyvaskyl'a , Finland. - №25191, 2.03.93(FI); Оpubл. 24.01.95	Діє
Ковпак конвектив- ного сушіння	Patent №3447247 (US), МПК4 D21F5/10 . METHOD AND EQUIPMENT FOR DRYING WEB MATERIAL / Robert A. Daane, Rockford , assignor to Beloit Corporation, Beloit - №691267, 18.12.67; Оpubл. 3.06.69, №34-122	Не діє

Таблиця А.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Лоцильний циліндр сушильної частини ПРМ	Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т.2. Бумагоделательные машины/В.А. Чичаев, М.Л. Глезин и др.	М.: Лесная пром-сть, 1981. - 264 с.
Ковпак конвектив-ного сушіння	Эйдлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп.	М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.

Додаток Г
Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛБ71.705441.001ПЗ	Арк.
						135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

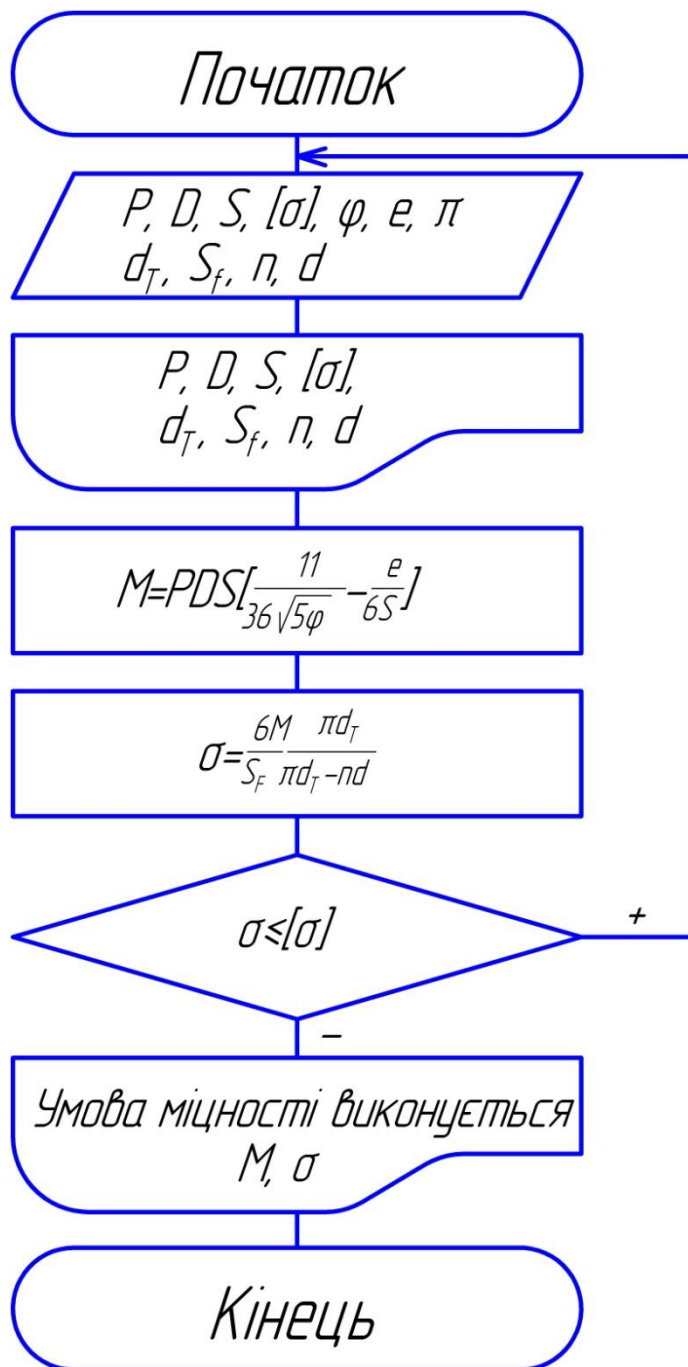
Додаток Д
Публікації автора

					ЛБ71.705441.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Е
Програма розрахунку фланцевого з'єднання

					ЛБ71.705441.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Д.1 Блок-схема алгоритму розрахунку фланцевого з'єднання



Д.1 – Таблиця ідентифікаторів

Параметр	Позначення	Ідентифікатор	Одиниця
Тиск пари	P	P	МПа
Діаметр циліндра	D	D	м
Товщина стінки циліндра	S	S	м
Допустиме напруження	$[\sigma]$	sigma	МПа
Діаметр розташування болтів	d_T	dt	м
Товщина кришки	S_F	Sf	м
Кількість болтів	n	n	-
Діаметр отвору під болти	d	d	м
Момент	M	M	Нм
Напруження згину	σ_1	sigma1	МПа

```

CLS
PRINT "Расчет фланцевого соединения"
PRINT
PRINT "          Исходные данные"
A1:
INPUT "Давление пара, МПа"; P
INPUT "Диаметр цилиндра, м"; D
INPUT "Толщина стенки цилиндра, м"; S
INPUT "Допустимое напряжение, МПа"; sigma
INPUT "Диаметр, на котором расположены болты, м"; dt
INPUT "Толщина крышки, м"; Sf
INPUT "Количество болтов"; n
INPUT "Диаметр отверстия под болты, м"; d
fi=1.491: e=0.048: pi=3.14
PRINT " Давление пара P ="; P; "МПа"
PRINT " Диаметр цилиндра D ="; D;"м"
PRINT " Толщина стенки цилиндра S="; S; "м"
PRINT " Допустимое напряжение sigma ="; sigma; "МПа"
PRINT " Диаметр,на котором расположены болты dt =";dt;"м"
PRINT " Толщина крышки Sf ="; Sf;"м"
PRINT " Количество болтов n ="; n
PRINT " Диаметр отверстия под болты d ="; d;"м"
M=P*D*S*(11/(36*SQR(5*fi)) – e/(6*S))
sigma1=6*M*pi*dt/(Sf*(pi*dt-n*d))
IF sigma1>sigma THEN GOTO A1
PRINT
PRINT "M=";M; "Нм"
PRINT "sigma1="; sigma1;"МПа"
PRINT "Условие прочности выполняется"
END

```

					ЛБ71.705441.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Ж
Специфікації

					ЛБ71.705441.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		